ISSN 0181-1576

CRYPTOGAMIE

BRYOLOGIE LICHENOLOGIE

TOME 9 Fascicule 4 1988

LABORATOIRE DE CRYPTOGAMIE
MUSÉUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE
12 RUE DE BUFFON, 75005 PARIS



PUBLICATION TRIMESTRIELLE

Octobre 1988

CRYPTOGAMIE
BRYOLOGIE-LICHÉNOLOGIE

ANCIENNE REVUE BRYOLOGIQUE ET LICHÉNOLOGIQUE

Fondée par T. HUSNOT en 1874
Directeur : Mme S. JOVET-AST
Rédaction : Mme H. BISCHLER, M. D. LAMY
Éditeur : A.D.A.C.

MANUSCRITS

Les instructions aux auteurs sont publiées dans le premier fascicule de chaque tome. Les auteurs sont priés d'adresser leurs manuscrits (en double exemplaire) à la Rédaction de CRYPTOGAMIE, Bryologie-Lichénologie, Laboratoire de Cryptogamie, 12 rue Buffon, 75005 Paris.

Les tirages à part et les planches photographiques sont à la charge des auteurs.

ABONNEMENTS ANNUELS

CRYPTOGAMIE comprend trois Sections : Cryptogamie, Algologie; Cryptogamie, Bryologie-Lichénologie; Cryptogamie, Mycologie.

Abonnement à l'une ou l'autre Section pour 1989 :
France 320 F HT (332,80 F TTC) Étranger 350 F HT

Abonnement aux 3 Sections pour 1989 :
France 900 F HT (936 F TTC) Étranger 980 F HT

Prière de bien vouloir envoyer le montant par chèque bancaire ou par chèque postal libellé à l'ordre de : A.D.A.C. – CRYPTOGAMIE, et adressé à :

A.D.A.C. – CRYPTOGAMIE
12, rue Buffon, F-75005 Paris.

CRYPTOGAMIE, Bryologie - Lichénologie est indexé par *Biological Abstracts, Chemical Abstracts*, Publications bibliographiques du CDST (Pascal).

CRYPTOGAMIE

LE PÉRIODIQUE FRANÇAIS CONSACRÉ A LA CRYPTOGAMIE

CRYPTOGAMIE est un périodique édité par l'A.D.A.C. (Association des Amis des Cryptogames), dont le siège est au Laboratoire de Cryptogamie du Muséum National d'Histoire Naturelle. Les chercheurs de tous pays y publient leurs travaux en français, allemand, anglais et espagnol, après accord des Comités de Lecture constitués de spécialistes de réputation internationale.

Chaque trimestre, CRYPTOGAMIE propose à ses lecteurs trois Sections :

CRYPTOGAMIE, Algologie
CRYPTOGAMIE, Mycologie
CRYPTOGAMIE, Bryologie-Lichénologie

Abonnements annuels 1989 (Tome 10) :

Le nouveau taux de TVA (2,1%) a pour conséquence la baisse de nos tarifs prévus pour 1989 comme suit:

ABONNEMENT	FRANCE	ETRANGER
1 section	326,72 F ttc (320,00 F ht)	350,00 F
3 sections	918,90 F ttc (900,00 F ht)	980,00 F

Bulletin d'abonnement ou de réabonnement, à joindre au paiement et à adresser à :
A.D.A.C. — CRYPTOGAMIE, 12, rue Buffon, F-75005 Paris.

Nom

Institut

Adresse

Code postal Ville

Pays

Abonnement ☐ Réabonnement ☐

Section(s) choisie(s)
- ☐ Cryptogamie, les trois Sections
- ☐ Cryptogamie, Algologie
- ☐ Cryptogamie, Mycologie
- ☐ Cryptogamie, Bryologie-Lichénologie

Cocher les cases concernées

Ci-joint un chèque de à l'ordre de A.D.A.C. — CRYPTOGAMIE.

C.C.P. nº : La Source 34 764 05 S

A.D.A.C., nº SIREN 302 655170 00017

CRYPTOGAMIE

BRYOLOGIE LICHÉNOLOGIE

TOME 9 Fascicule 4 1988



Publié avec le concours du Muséum National d'Histoire Naturelle

ÉTUDE DU POLYMORPHISME ENZYMATIQUE CHEZ *PLAGIOCHASMA RUPESTRE* (FORST.) STEPH. ET *MANNIA ANDROGYNA* (L.) EVANS

M.C. BOISSELIER-DUBAYLE*
en collaboration avec H. BISCHLER

RÉSUMÉ. — Deux Marchantiales monoïques (*Plagiochasma rupestre* et *Mannia androgyna*) ont été récoltées dans plusieurs stations de la côte méditerranéenne française et espagnole. L'analyse du polymorphisme enzymatique, après électrophorèse en gel de polyacrylamide, révèle au niveau des estérases l'existence de 2 phénotypes chez *Plagiochasma* et de 2 groupes de phénotypes chez *Mannia* (auxquels vient s'ajouter une variabilité à niveau moindre). Pour la glutamate-oxaloacétate transaminase, chacune de ces espèces présente un phénotype majeur et quelques variants. Aucune différence notable n'est décelée au niveau des phosphatases acides. Ces premiers résultats montrent, contrairement à la littérature, que la variabilité génétique de ces espèces est relativement faible. Cependant, la variabilité des *Mannia* apparaît plus élevée que celle des *Plagiochasma* au niveau des estérases. L'ensemble des résultats obtenus sur ces organismes haploïdes est discuté.

SUMMARY. — Two monoicous Marchantiales (*Plagiochasma rupestre* and *Mannia androgyna*) have been collected from several localities on the French and Spanish Mediterranean coast. Studies on enzyme polymorphism using polyacrylamide electrophoresis have shown the occurrence of two esterase phenotypes in *Plagiochasma* and two esterase phenotype groups, in addition to variability at lower level, in *Mannia*. Glutamate oxaloacetate transaminase staining revealed one major phenotype for each species together with some variants in each. Acid phosphatase analysis did not reveal any variation. In spite of previously reported results, rather low genetic variability has been observed in both species. However variation detected in *Mannia* seemed to be higher than in *Plagiochasma*, at least for esterases. Results are discussed taking into account the haploid nature of these organisms.

Après les premières études utilisant les techniques d'électrophorèse chez les bryophytes (Maravolo & al. 1967, Taylor & al. 1970, Kahlem & Hébant 1973, Meyer & al. 1974), l'analyse du polymorphisme enzymatique a ensuite été employée à des fins taxonomiques (Krzakowa & Szweykowski 1977 a-b, Krzakowa 1981, Zieliński & al. 1981, et plus récemment Dewey 1986). Ces travaux ont alors suscité un certain nombre d'études ayant pour but d'estimer la variabilité génétique dans des populations naturelles (Krzakowa 1977, Krzakowa & Szwey-

*C.N.R.S. URA 133, Laboratoire de Cryptogamie, M.N.H.N., 12 rue Buffon, F-75005 Paris.

kowski 1979, Szweykowski & Krzakowa 1979). En effet, les bryophytes présentent une évolution lente et la variabilité génétique a été postulée restreinte du fait de l'haploïdie, de l'abandon de la sexualité (surtout chez les mousses) et de la possibilité d'autofécondation chez les monoïques (Gemmell 1950, Steere 1954, Anderson 1963, Schuster 1966, Crum 1972). Cependant, dès les premiers travaux de Krzakowa & Szweykowski (1979) sur *Plagiochila asplenioides* (L.) Dum., les auteurs ont trouvé une variabilité comparable à celle rapportée chez les plantes supérieures et les animaux, en tout cas beaucoup plus élevée que celle attendue (Cummins & Wyatt 1981, Yamazaki 1981, 1984, De Vries & al. 1983, Daniels 1982, 1985 a-b, Wyatt & al. 1987). Des études plus approfondies ont été menées pour les *Conocephalum conicum* (L.) Underw. d'Europe (Szweykowski & Krzakowa 1979, Szweykowski & al. «1980» 1981, Odrzykoski & al. 1981, Odrzykoski 1987 a-b) et le genre *Pellia* (Krzakowa 1981, Szweykowski & al. 1981, Zieliński & al. 1981, Zieliński 1984 a-b, 1986, «1986» 1987). L'ensemble des résultats a été largement discuté dans des articles de synthèse soulignant le problème de la notion de «population» chez les Bryophytes (Szweykowski 1981, 1982, 1984, Wyatt 1985). Toutefois, aucune notion précise sur le développement et l'évolution de ces populations ne se dégage et il est difficile de comparer les résultats obtenus indépendamment chez les mousses, les hépatiques ou les sphaignes, sur des plantes monoïques ou dioïques, développant ou non une multiplication végétative par propagules, et présentant ou non une reproduction sexuée apparente sur le terrain. Afin d'apprécier l'impact que peut avoir le système de croisement dans l'évolution de ces plantes haploïdes, surtout lorsqu'elles sont monoïques, nous envisageons d'étudier le polymorphisme enzymatique chez plusieurs espèces monoïques, de mesurer les différences pouvant exister entre monoïques et dioïques, et, par analyse de descendance, de dresser l'analyse génétique du polymorphisme observé et d'évaluer les rôles respectifs de la fécondation croisée, de l'autofécondation et de la multiplication végétative.

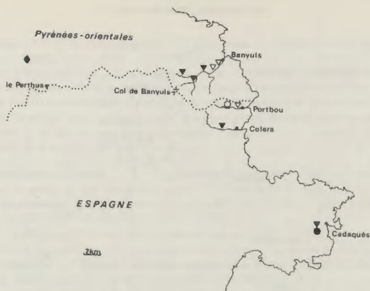
Nous présentons ici les premiers résultats obtenus sur deux espèces d'hépatiques monoïques, récoltées sur la côte méditerranéenne, et appartenant à la famille des Aytoniaceae : *Plagiochasma rupestre* (Forst.) Steph. et, pour élément de comparaison, *Mannia androgyna* (L.) Evans.

MATÉRIEL

Les récoltes ont été effectuées en juin 1987 (vallée de la Baillaury-Banyuls, Pyrénées-Orientales), décembre 1987 (Pyrénées-Orientales et Espagne : Fig. 1-2)

Fig. 1 — Lieux de récolte du *Plagiochasma rupestre* dans les Pyrénées-Orientales et en Espagne et représentation des phénotypes observés (▼ = Est PI, GOT P1; ▽ = Est PII, GOT P1; ● = Est PI, GOT P2; ○ = Est PII, GOT P2; ♦ = Est PI, GOT P3).

Tabl. I — *Plagiochasma rupestre* : phénotypes estérases et glutamate-oxaloacétate transaminase des différents prélèvements. Entre parenthèses, récoltes de juin 1987 (* : prélèvements correspondants exactement à ceux de décembre 1987).



STATION	n° prélèvement	distance	Phénotypes Est	GOT
Banyuls (Pyr.-or.) *Mas des Abeilles*	(2*) - 16		PI	P1
Banyuls (Pyr.-or.) *Mas Paroutet*	(4* - 4 bis) - 17	<2m	PI	P1
	17 bis	15m	PI	P1
Banyuls (Pyr.-or.) *Can Rède*	(5* - 5 bis) - 19	<2m	PII	P1
	19 bis	12m	PII	P1
Banyuls (Pyr.-or.)	(6*) - 21		PII	P1
Col de Banyuls (")	01 - 01 bis	<2m	PI	P1
Portbou (Espagne)	03 - 03 bis	<2m	PII	P2
Portbou (Espagne)	05 bis		PII	P1
Colera (Espagne)	09 - 09 bis	<2m	PI	P1
Cadaqués (Espagne)	11		PI	P1
	11 bis	5m	PI	P2
Perthus (Pyr.-or.)	13		PI	P3
	13 bis	40m	PI	P3
Le Muy (Var)	24		PI	P1
St Clair du Lavandou (Var)	27 - 27 bis	<2m	PI	P1
	27 ter	5m	PI	P3
	28	5m + haut	PI	P3
Monaco	32 - 32 bis	<2m	PI	P1



STATION	n° prélèvement	distance	Phénotypes Est	GOT
Banyuls (Pyr.-or.) *Mas Paroutet*	4* - 18		MII_1	M1
Cerbère (Pyr.-or.)	02		MI_1	M1
Portbou (Espagne)	04		MI	M1
Portbou (Espagne)	05		MI	M1
Colera (Espagne)	06 - 06 bis	<2m	MI	M1
Colera (Espagne)	07 - 07 bis	<2m	MI	M1
Cabo de Creus (Espagne)	10		MI_2	M1
Cadaqués (Espagne)	12		MII_2	M2
Espolla (Espagne)	14		MI_3	M1
Le Muy (Var)	25		MII_3	M2
Le Muy (Var)	26 bis		MII	M1
La Garde Freinet (Var)	29		MII	M3
Biot (Alpes-mar.)	30 - 30 bis 31	<2m 25m	MII MII	M3 M2

et février 1988 (Var, Alpes-Maritimes et principauté de Monaco), en faisant les relevés topographiques précis des prélèvements. Les plantes récoltées étaient alors en pleine croissance, avec anthéridies, archégones et parfois capsules dans les stations humides, ou bien présentaient des thalles secs et enroulés, semblant avoir cessé toute croissance depuis plusieurs semaines dans les stations plus sèches.

Dans la vallée de la Baillaury, pour les deux espèces, des prélèvements ont été effectués à la fois en juin et en décembre, exactement aux mêmes endroits, pour vérifier la stabilité des profils obtenus.

Plagiochasma rupestre. — Le *Plagiochasma* se rencontre dans les fentes de rochers et craint le gel. En conséquence, il n'a été trouvé, dans le nord de la Méditerranée, que dans des zones très protégées. Par contre, il résiste bien à la dessiccation et régénère rapidement dès réhydratation.

Les thalles sont d'un vert bleuté caractéristique, longs de 20-40 mm et larges de 4-6 mm en moyenne. C'est une espèce monoïque, dépourvue de propagules, qui développe des réceptacles unisexués sessiles sur la partie médiane des thalles : organes mâles et femelles en alternance non stricte (Bischler 1977).

Trente prélèvements ont été effectués sur 13 stations, entre Cadaqués (Espagne) et Monaco. La plus petite distance séparant deux stations est d'environ 1 km (Portbou, vallée de la Baillaury, Fig. 1), la plus grande est à peu près de 400 km. A l'intérieur de ces stations, plusieurs échantillons ont généralement été prélevés, soit proches (< 2 m), soit aussi distants que possible (de 5 à 40 m). L'ensemble de ces 30 prélèvements représente ainsi 19 tapis de thalles isolés sur le terrain, c'est-à-dire distants d'au moins 5 m, alors que sont considérés comme faisant partie d'un même tapis les prélèvement effectués à moins de 2 m de distance (Tabl. 1).

Mannia androgyna. — Dans les aires de récolte du *Plagiochasma*, nous avons généralement trouvé le *Mannia androgyna* qui croît également dans les fentes de rochers, mais semble plus résistant au gel; sa répartition est légèrement plus étendue vers le nord. Il peut également se dessécher et reprendre sa croissance dès que les conditions deviennent favorables.

Les thalles sont vert foncé, longs de 15-20 mm et larges de 1,5-2,5 mm en moyenne. L'espèce ne présente pas de multiplication végétative par propagules et est dite polyoïque, mais tous nos prélèvements sont monoïques Les anthéridies apparaissent en groupes mal définis sur la partie médiane des thalles tandis que les archégones se développent au point végétatif qui cesse alors de fonctionner.

Fig. 2 — Lieux de récolte du *Mannia androgyna* dans les Pyrénées-Orientales et en Espagne et représentation des phénotypes observés (▼= Est MI, GOT M1; ▽= Est MII, GOT M1; ○ = Est MII, GOT M2; le signe * indique une variabilité au niveau des estérases, cf. le texte).

Tabl. II — *Mannia androgyna:* phénotypes estérases et glutamate-oxaloacétate transaminase. * : récolte de juin 1987 correspondant à celle de décembre 1987.

Nous en avons prélévé quelques échantillons : 18 prélèvements répartis sur 13 stations, représentant 14 tapis de thalles séparés par une distance supérieure à 2 m (Tabl. II).

MÉTHODES

Cultures. — Les cultures sont réalisées au laboratoire, selon une méthode inspirée de celle décrite par Schofield (1985), sur vermiculite en cristallisoirs de 9 cm de diamètre, le tout étant autoclavé 20 mn à 120°C. Au moment de l'emploi, le substrat est imbibé par une solution stérile contenant par litre d'eau distillée : 0,2 g NH_4NO_3; 0,1 g $MgSO_4.7H_2O$; 1,32 g $CaCl_2.2H_2O$; 0,1 g KH_2PO_4. Les cultures sont réalisées à partir d'une portion de tapis de thalles, après réhydratation éventuelle, et lavage. Elles sont placées à la lumière du jour, supplémentée par des tubes fluorescents de type Grolux (1500 Lux) avec une photopériode de 16 h de lumière et 8 h d'obscurité, à une température variant entre 15 et 18°C.

Sous ces conditions, *Plagiochasma rupestre* présente un bon développement tandis que *Mannia androgyna* pousse plus lentement; la taille réduite de ses thalles et la position particulière de l'organe femelle peuvent expliquer cette différence.

Extractions. — L'extraction des protéines solubles se fait au froid (4°C) afin de préserver les activités enzymatiques. Pour obtenir 1 g de matériel frais et en pleine croissance, plusieurs portions apicales de thalles d'une même culture sont prélevées. Elles sont ensuite broyées avec 3 ml de tampon (tris-glycine 4,95 mM pH 8,3; mercaptoéthanol 0,17 %). Le broyat obtenu est centrifugé à 30 000 x *g* pendant 15 mn, puis le surnageant est mis en dialyse une nuit contre du saccharose 20 %.

Electrophorèses. — Les électrophorèses sont réalisées sur plaques verticales, en gel de polyacrylamide (gel de prémigration 2,5 %; gel de migration 7 %) et 150 μg de protéines, détectées par la méthode décrite par Bradford (1976), sont mis à migrer. Les électrophorèses sont immédiatement suivies des révélations.

— Estérases : 100 mg Fast Blue RR salt; 97 ml tris-HCl 0,05M pH 7,1; 3 ml αβ-naphtyl acétate 1 %; incubation 15 mn à température ambiante et à l'obscurité.

— Glutamate-oxaloacétate transaminase (GOT) : 100 mg α-ketoglutaric acid; 150 mg L-aspartic acid; 50 mg Fast Blue RR salt; 2 mg Pyridoxal 5-phosphate; 100 ml tris-HCl 0,05 M pH 8; incubation 20 mn à température ambiante et à l'obscurité.

— Phosphatases acides : 50 mg α-naphtyl acid phosphate; 50 mg Fast Garnet GBC; 100 ml tampon acétate 0,2 M pH 4; 10 gouttes solution aqueuse $MgCl_2$ 10 %; incubation 12 h à température ambiante et à l'obscurité.

— Péroxydases : 75 mg 3-amino-9 éthyl carbazole dissous dans 7,5 ml diméthylformamide; 138,75 ml acétate de sodium 0,05 M pH 5; 3 ml $CaCl_2$ 0,1 M; 1,5 ml H_2O_2 3 %; incubation à 4°C pendant 12 h. Cette révélation a du être abandonnée, les résultats n'étant pas reproductibles.

RÉSULTATS

Sur les trois révélations, les résultats obtenus pour les récoltes effectuées aux mêmes places, en juin et en décembre, sont identiques pour les *Plagiochasma* (Banyuls : Mas des Abeilles, Mas Paroutet et Can Rède) et pour *Mannia* (Banyuls: Mas Paroutet), et les analyses des échantillons prélevés à moins de 2 m de distance donnent les mêmes profils électrophorétiques.

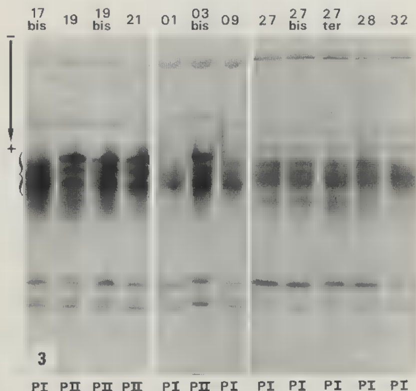


Fig. 3 — *Plagiochasma rupestre* : révélation des estérases pour des prélèvements pris sur l'ensemble de l'aire de récolte. Sur les bandes de migration moyenne (accolade), cette révélation permet de distinguer 2 phénotypes différents (PI et PII).

Afin de vérifier la stabilité des profils obtenus au cours du temps, différentes cultures ont été réalisées à partir d'un même prélèvement de tapis de thalles, essentiellement pour *Plagiochasma* où nous avions du matériel en quantité suffisante alors que les récoltes de *Mannia* ne permettaient que rarement cette vérification. Ainsi, des portions de tapis de thalles ont été mises en culture dès la récolte, ou après conservation à sec; de même, des analyses ont été réalisées après des temps de culture variables. Aucune influence notable de ces deux facteurs n'a pu être mise en évidence.

Plagiochasma rupestre (Tabl. I)

L'analyse du polymorphisme enzymatique révèle, au niveau des estérases, l'existence de deux phénotypes (Fig. 3). La différence entre ces deux profils est faible et se situe au niveau des trois bandes de migration moyenne. Le type PI est fréquent, et se retrouve sur les 400 km échantillonnés : 14 tapis de thalles

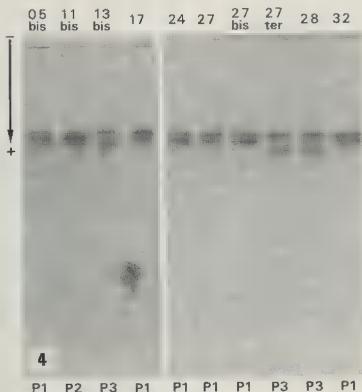


Fig. 4 — *Plagiochasma rupestre* : révélation de la glutamate-oxaloacétate transaminase pour des prélèvements pris sur l'ensemble de l'aire de récolte. Le profil P1 est le phénotype majoritaire, mais nous observons quelques variants : profils P2 et P3.

PI sur 9 stations (21 prélèvements). Le type PII est localisé sur les deux stations de Portbou (03, 03bis; 05 bis) et à deux stations de Banyuls (5, 5bis, 19, 19bis; 6, 21) (Fig. 1).

L'analyse de la glutamate-oxaloacétate transaminase montre une situation différente avec un phénotype majeur à deux bandes intenses, apparaissant sur l'ensemble de l'aire échantillonnée : 13 tapis de thalles P1 (23 prélèvements) dont 11 (20 prélèvements) représentent exactement 9 stations, et quelques variants (Fig. 4) : 3 prélèvements de type P2 en Espagne, à Portbou (03, 03bis) et à Cadaqués (11bis), et 4 prélèvements de type P3, au Perthus (Pyrénées-Orientales, 13, 13bis) et à St-Clair-du-Lavandou (Var, 27 ter, 28). Le variant P2 de Cadaqués et les variants P3 de St-Clair-du-Lavandou caractérisent des prélèvements distants du phénotype majeur de 5 m seulement. Le type P2 présente trois bandes proches et d'intensité variable et le type P3 a une seule bande intense et deux bandes de plus forte migration (Fig. 4).

Aucune différence qualitative n'est décelée au niveau des phosphatases acides.

Sur l'ensemble de ces résultats, nous trouvons donc cinq phénotypes différents (Tabl. I), avec un phénotype «universel» (Est PI, GOT P1 : 9 tapis de thalles sur 8 stations) se retrouvant sur toute l'aire de récolte, deux phénotypes plus localisés (Est PII, GOT P1 et Est PI, GOT P3 : 4 tapis de chaque) et deux phénotypes caractérisés par le variant P2 de la glutamate-oxaloacétate transaminase (Est PII, GOT P2 et Est PI, GOT P2).

Mannia androgyna (Tabl. II)

Les trois révélations donnent des profils différents de ceux obtenus pour *Plagiochasma rupestre*.

Au niveau des bandes principales données par la révélation des estérases, seules retenues pour les interprétations (Fig. 5), les analyses permettent de distinguer deux groupes de phénotypes auxquels vient s'ajouter une variabilité à niveau moindre : 7 tapis de thalles de type MI (9 prélèvements), dont 3 prélèvements légèrement différents par présence/absence d'une bande caractéristique (MI_1 : 02, MI_2 : 10, MI_3 : 14); 7 tapis de thalles de type MII (9 prélèvements) avec également 3 cas de variation sur les mêmes critères (MII_1 : 18, MII_2 : 12, MII_3 : 25) (Fig. 5). La différence entre ces deux grands groupes de profils se situe sur l'ensemble des bandes révélées : une seule bande est commune à tous les échantillons et peut ne pas apparaître ou être très faible chez certains variants (MI_3 et MII_2 : Fig. 5). Par ailleurs, cette révélation met en évidence une variabilité plus importante au sein de cette espèce que chez *Plagiochasma*. Cependant, on remarque que le type MI semble caractériser les stations espagnoles, à l'exception du prélèvement de Cadaqués (Fig. 2-5).

Tous les profils de la glutamate-oxaloacétate transaminase présentent une bande commune et généralement intense (sauf à Banyuls). Sur deux autres bandes de moindre migration et faibles (Fig. 6), cette révélation permet de distinguer quelques différences : le type M1 (12 prélèvements) présente plus distinctement la bande de plus faible migration, le type M2 (3 prélèvements) a la bande

de migration plus élevée, et le type M3 (3 prélèvements) aurait les deux bandes correspondant à chacune des bandes fines des types M1 et M2, mais encore plus faiblement colorées. Les profils M2 et M3 ont été trouvés dans une même station à 25 m de distance (Biot, Alpes-Maritimes).

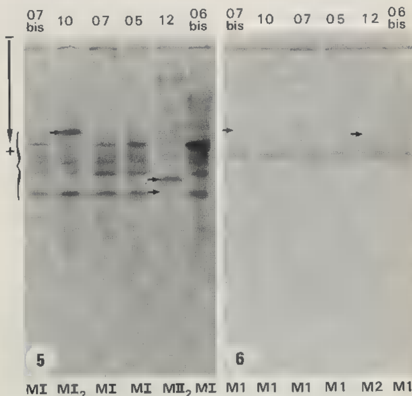


Fig. 5-6 — *Mannia androgyna.* Fig. 5 : révélation des estérases de prélèvements espagnols (Portbou : 05, Colera : 06bis, 07, 07bis, Cabo de Creus : 10, Cadaqués : 12). Les flèches indiquent la présence de bandes supplémentaires, ou l'absence d'une bande caractéristique. L'accolade englobe les bandes principales de cette révélation, les autres, trop variables, n'étant pas retenues pour l'interprétation. Fig. 6 : révélation de la glutamate-oxaloacétate transaminase. Profils M1 et M2 différenciés par la bande fine de faible migration (flèches).

La révélation des phosphatases acides ne permet pas de déceler de telles différences : les variations sont plus quantitatives que qualitatives.

Sur l'ensemble des résultats obtenus pour cette espèce, l'on s'aperçoit que la seule révélation des estérases permet, par rapport à *Plagiochasma*, de mettre en

évidence une variabilité plus importante. L'on note également que le phénotype le plus fréquent sur l'ensemble des récoltes est (Est MI, GOT M1), phénotype qui caractérise principalement les stations espagnoles (Tabl. II, Fig. 2).

DISCUSSION

«Electrophoresis. . . provides a test of the hypothesis that bryophytes are impoverished in terms of genetic variability, and — to the extend that evolution is dependent upon genetic variability — of the hypothesis that bryophytes lack the capacity to respond to natural selection» (Cummins & Wyatt 1981). Cependant, les concepts habituels sur la sélection et l'évolution, élaborés à partir d'organismes diploïdes, ne peuvent être appliqués intégralement à ces plantes haploïdes. L'on doit tenir compte de cette différence fondamentale dans l'interprétation des résultats et essayer de définir, à l'avenir, quelles stratégies utilisent ces organismes haploïdes pour survivre et se disperser.

Les premiers résultats obtenus pour ces deux espèces d'hépatiques monoïques, appartenant à la même famille, montrent tout d'abord que les deux genres sont bien différenciés par cette technique. D'autre part, ils semblent pouvoir être interprêtés différemment de ceux donnés dans la littérature, où les auteurs estiment généralement que la variabilité génétique est élevée chez les bryophytes. En effet, si l'on compare ces résultats à ceux que nous avons obtenus précédemment chez d'autres cryptogames (champignons basidiomycètes) : en particulier chez *Pleurotus eryngii* (Boisselier-Dubayle 1981, Boisselier-Dubayle & Baudoin 1986) où, pour des individus provenant d'une même prairie, nous avons observé jusqu'à cinq phénotypes différents, nous constatons que *Plagiochasma rupestre* ne présente que deux phénotypes (Est PI, GOT P1 et Est PII, GOT P1) dans la vallée de la Baillaury à Banyuls (sur 5 km) et qu'un seul phénotype (Est MI, GOT MI) caractérise les prélèvements espagnols des vallées de Portbou et Colera pour *Mannia androgyna*.

Cependant, au niveau des estérases et sur l'ensemble des récoltes de ces deux espèces (sur 400 km), la variabilité des *Mannia* apparaît néanmoins plus importante que celle des *Plagiochasma*. Cette observation pourrait être le reflet d'un appauvrissement de la variabilité génétique de populations installées en limite de répartition. C'est le cas du *Plagiochasma* tel que nous l'avons échantillonné, alors que le *Mannia* a une aire de répartition légèrement plus étendue vers le nord. Une telle hypothèse a déjà été émise pour *Mannia fragrans* par Odrzykoski & Szweykowski (1981) qui ont observé un polymorphisme dans les populations du sud de la Pologne et en Hongrie, contrastant avec un monomorphisme des populations situées au nord de la chaîne des Carpathes. Il semble en effet vraisemblable qu'en limite de répartition une population haploïde puisse développer une multiplication végétative et/ou une autofécondation majoritaire lui permettant de conserver et multiplier un génotype bien adapté.

L'activité glutamate-oxaloacétate transaminase se révèle, par ailleurs, intéressante à étudier car nous retrouvons, chez les deux espèces, une situation ana-

logue : un phénotype majeur et quelques variants, dont certains coexistent dans la même station, à quelques mètres de distance seulement. Cette observation ne peut se comparer à celle des estérases et pourrait correspondre, soit à l'existence originelle de génotypes différents dans ces sites, soit à des mutations ponctuelles. Cette situation semble, par ailleurs, proche de celle décrite chez *Conocephalum conicum*, non pas au niveau de la variabilité mondiale par laquelle deux «espèces biologiques» sont distinguées, mais au niveau local avec les «variants rares» (Szweykowski, 1981,1982, 1984).

Les études antérieures et les premières connaissances acquises par l'analyse du polymorphisme enzymatique renforcent l'idée que l'environnement doit jouer un rôle important dans les populations de bryophytes. Elles colonisent des niches écologiques spécifiques et peuvent entrer en compétition avec d'autres organismes (ex. *Marchantia polymorpha* en forêt, qui apparaît sur les brûlis de coupes fraîches, puis disparaît avec le développement des plantes supérieures) ou être soumises à des conditions particulièrement dures (ex. endurance à la sécheresse : phénomène de reviviscence chez *Plagiochasma rupestre* et *Mannia androgyna*). Elles seraient donc soumises à de fortes pressions de sélection, d'autant plus qu'elles sont haploïdes, la sélection ne pouvant cependant opérer que sur un temps très court de vie végétative active. De tels processus doivent contribuer à l'évolution lente de ces organismes.

Pour compléter le schéma et avoir une notion plus précise de la dynamique des populations et de l'impact du système de croisement, ou de la multiplication végétative chez ces plantes haploïdes et monoïques, nous envisageons d'étudier la descendance de sporophytes produits dans la nature. Une étude de ce type a été menée chez *Pellia epiphylla*, n=9 (Zielinski 1984 a) mettant en évidence l'existence de fécondation croisée, alors que l'autofécondation est, selon Zielinski (1986), de règle chez le cytotype n=18, *P. borealis*. Nous envisageons également de dresser l'analyse génétique du polymorphisme enzymatique observé en étudiant la descendance de sporophytes issus de croisements contrôlés. De telles analyses de descendance n'ont jamais été réalisées chez les bryophytes.

BIBLIOGRAPHIE

ANDERSON L.E., 1963 — Modern species concepts : mosses. *The Bryologist* 66 : 107-119.

BISCHLER H., 1977 — *Plagiochasma* Lehm. et Lindenb. I. Le genre et ses subdivisions. *Rev. Bryol. Lichénol.* 43 : 67-109.

BOISSELIER-DUBAYLE M.C., 1984 — Étude de la variabilité chez les Pleurotes des Ombellifères. Thèse doctorat d'État, Université Paris Sud - Centre d'Orsay, 186 p.

BOISSELIER-DUBAYLE M.C. et BAUDOIN R., 1986 — Contribution de l'étude du polymorphisme enzymatique à la systématique des Pleurotes des Ombellifères. *Canad. J. Bot.* 64 : 1467-1473.

BRADFORD M., 1976 — A rapid and sensitive method for quantitation of microgram

quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Anal. Biochem.* 72 : 248.

CRUM H., 1972 — The geographic origines of the mosses of North America's eastern deciduous forest. *J. Hattori Bot. Lab.* 35 : 269-298.

CUMMINS H. and WYATT R., 1981 — Genetic variation in natural populations of the moss *Atrichum angustatum. The Bryologist* 84 : 30-38.

DANIELS R.E., 1982 — Isozyme variation in British populations of *Sphagnum pulchrum* (Braithw.) Warnst. *J. Bryol.* 12 : 65-76.

DANIELS R.E., 1985 a — Isozyme variation in Finnish and British populations of *Sphagnum compactum. Ann. Bot. Fennici* 22 : 275-279.

DANIELS R.E., 1985 b — Isozyme variation in populations of *Sphagnum recurvum* var. *mucronatum* from Britain and Finland. *J. Bryol.* 13 : 563-570.

DE VRIES A., VAN ZANTEN B.O. and VAN DIJK H., 1983 — Genetic variability within and between populations of two species of *Racopilum* (Racopilaceae, Bryopsida). *Lindbergia* 9 : 73-80.

DEWEY R.M., 1986 — Taxonomic and populational studies of the thallose liverworts *Riccia* subgenus *Riccia*. Dissertation, Texas A & M University, 141 p.

GEMMELL A.R., 1950 — Studies on the Bryophyta. I. The influence of sexual mechanism in varietal production and distribution of British Musci. *New Phytologist* 49 : 64-71.

KAHLEM G. and HÉBANT C., 1973 — Electrophoretic study of acid phosphatases in *Polytrichum commune. The Bryologist* 76 : 554-556.

KRZAKOWA M. and SZWEYKOWSKI J., 1977 a — Peroxidases as taxonomic characters. II. *Plagiochila asplenioides* (L.) Dum. sensu Grolle (=*P. maior* S. Arnell) and *Plagiochila porelloides* (=*P. asplenioides* Aucti, non Grolle; Hepaticae, Plagiochilaceae). *Bull. Soc. Amis Sci. Poznań, Ser. D,* 17 : 33-36.

KRZAKOWA M. and SZWEYKOWSKI J., 1977 b — Peroxidases as taxonomic characters in two critical *Pellia* taxa (Hepaticae, Pelliaceae). *Bull. Acad. Polon. Sci., Ser. Sci. Biol.* 25 : 203-204.

KRZAKOWA M., 1979 — Isozymes as markers of inter- and intraspecific differentiation in Hepatics. *Bryophyt. Biblioth.* 13 : 427-434.

KRZAKOWA M. and SZWEYKOWSKI J., 1979 — Isozyme polymorphism in natural populations of a liverwort, *Plagiochila asplenioides. Genetics* 93 : 711-719.

KRZAKOWA M., 1981 — Evolution and speciation in *Pellia*, with special reference to the *Pellia megaspora-endiviifolia* complex (Metzgeriales). IV. Isozyme investigations. *J. Bryol.* 11 : 447-450.

MARAVOLO N.C., GARBER E.D. and VOTH P.D., 1967 — Biochemical changes during sexual development in *Marchantia polymorpha.* I. Esterases. *Amer. J. Bot.* 54 : 1113-1117.

MEYER M.W., GREENBERG J. and TEDESCHI S., 1974 — Enzymes of the moss *Funaria hygrometrica.* II. The isoenzymes of malate dehydrogenase. *The Bryologist* 77 : 577-581.

ODRZYKOSKI I. and SZWEYKOWSKI J., 1981 — An interesting enzymatic polymorphism in some European populations of the liverwort *Mannia fragrans. In* : SZWEYKOWSKI J., New perspectives in Bryotaxonomy and Bryogeography. Poznań, Adam Mickiewicz University :33-37.

ODRZYKOSKI I., BOBOWICZ M.A. and KRZAKOWA M., 1981 — Variation in *Conocephalum conicum.* The existence of two genetically different forms in Europe. *In* : SZWEYKOWSKI J., New perspectives in Bryotaxonomy and Bryogeography. Poznań, Adam Mickiewicz University : 29-32.

ODRZYKOSKI I.J., 1987 a — Genetic evidence for reproductive isolation between two European «forms» of *Conocephalum conicum*. *Symp. Biol. Hung.* 35 : 557-587.

ODRZYKOSKI I.J., 1987 b — Phylogeny of *Conocephalum conicum* species group (Hepaticae), based on molecular data. XIV International Botanical Congress (Berlin West, Germany, 24/7 - 1/8/87). Abstracts : 267.

SCHOFIELD W.B., 1985 — Introduction to Bryology. New York, Macmillan Publ. Comp., p. 399.

SCHUSTER R.M., 1966 — The Hepaticae and Anthocerotae of North America, Vol. I. New York, Columbia University Press, 802 p.

STEERE W.C., 1954 — Bryophytes. *Bot. Rev. (Lancaster)* 20 : 425-450.

SZWEYKOWSKI J. and KRZAKOWA M., 1979 — Variation of four enzyme systems in Polish populations of *Conocephalum conicum* (L.) Dum. (Hepaticae, Marchantiales). *Bull. Acad. Polon. Sci., Ser. Sci. Biol.* 27 : 37-41.

SZWEYKOWSKI J., ODRZYKOSKI I. and ZIELIŃSKI R., «1980» 1981 — Further data on the geographic distribution of two genetically different forms of the liverwort *Conocephalum conicum* (L.) Dum. : the sympatric and allopatric regions. *Bull. Acad. Polon. Sci., Ser. Sci. Biol.*, 28 : 437-449.

SZWEYKOWSKI J., 1981 — Perspectives in Bryogeography. *In* : SZWEYKOWSKI J., New perspectives in Bryotaxonomy and Bryogeography. Poznań, Adam Mickiewicz University : 45-51.

SZWEYKOWSKI J., ZIELIŃSKI R. and MENDELAK M., 1981 — Variation of peroxidase isoenzymes in Central European taxa of the liverwort genus *Pellia*. *Bull. Acad. Polon. Sci., Ser. Sci. Biol.*, 29 : 9-19.

SZWEYKOWSKI J., 1982 — Genetic differentiation of liverwort populations and its significance for bryotaxonomy and bryogeography. *J. Hattori Bot. Lab.* 53 : 21-28.

SZWEYKOWSKI J., 1984 — What do we know about the evolutionary process in Bryophytes ? *J. Hattori Bot. Lab.* 55 : 209-218.

TAYLOR I.E.P., SCHOFIELD W.B. and ELLIOTT A.M., 1970 — Analysis of moss dehydrogenases by polyacrylamide disc electrophoresis. *Canad. J. Bot.* 48 : 367-369.

WYATT R., 1985 — Species concept in Bryophytes : input from population biology. *The Bryologist* 88 : 182-189.

WYATT R., ODRZYKOSKI I.J. and STONEBURNER A., 1987 — Electrophoretically detectable genetic variation in *Plagiomnium ciliare* : a preliminary report. *Symp. Biol. Hung.* 35 : 589-602.

YAMAZAKI T., 1981 — Genic variabilities in natural population of haploid plant, *Conocephalum conicum*. I. The amount of heterozygosity. *Jap. J. Genet.* 56 : 373-383.

YAMAZAKI T., 1984 — The amount of polymorphism and genetic differentiation in natural populations of the haploid liverwort *Conocephalum conicum*. *Jap. J. Genet.* 59: 133-139.

ZIELIŃSKI R., PRUS-GLOWACKI W. and MENDELAK M., 1981 — Chemical variation in the Central European *Pellia* taxa. *In* : SZWEYKOWSKI J., New perspectives in Bryotaxonomy and Bryogeography. Poznań, Adam Mickiewicz University : 25-27.

ZIELIŃSKI R., 1984 a — Electrophoretic evidence of cross fertilization in the monoecious *Pellia epiphylla*, n=9. *J. Hattori Bot. Lab.* 56 : 255-262.

ZIELIŃSKI R., 1984 b — Electrophoretic and cytological study of the *Pellia epiphylla* and *P. borealis* complex. *J. Hattori Bot. Lab.* 56 : 263-269.

ZIELIŃSKI R., 1986 — Cross-fertilization in the monoecious *Pellia borealis*, n=18, and spatial distribution of two peroxidase genotypes. *Heredity* 56 : 299-304.

ZIELIŃSKI R., «1986» 1987 — Interpretation of electrophoretic patterns in population genetics of Bryophytes. VI. Genetic variation and evolution of the liverwort genus *Pellia* with special reference to Central European territory. *Lindbergia* 12 : 87-96.

LE RÔLE DES BRYOPHYTES DANS LA RECOLONISATION DES LANDES APRÈS INCENDIE

B. CLÉMENT et J. TOUFFET*

RÉSUMÉ. — En été 1976, de nombreuses landes armoricaines ont été perturbées par des feux d'humus. L'analyse diachronique de la reconstitution du tapis végétal est réalisée à l'aide de lignes et de placettes permanentes. Les Bryophytes jouent un rôle essentiel dans les premières phases d'occupation des espaces incendiés. Les stratégies adaptatives leur confèrent un avantage sur les Phanérogames. Trois scénarios de successions secondaires sont mis en évidence, en relation avec les caractéristiques du milieu (nutriments et eau disponibles). Dans deux d'entre eux, les Mousses prédominent encore dix années après l'incendie et la régénération d'une lande est probablement impossible, soit en raison des contraintes physiques de l'environnement ou des phénomènes de blocage de la succession par *Polytrichum commune*.

ABSTRACT. — In summer 1976, many heathlands in Brittany have been disturbed by humus fires. Diachronic analysis of vegetation dynamics is followed, using permanent line transects and plots. Bryophytes are the most important group during the first initial steps of the colonization of burnt heaths. Their growth and demographic strategies give them an advantage over many Phanerogams. Three scenarios of secondary succession are described, in relation with environmental factors (nutrients and water availability). In two of them, Mosses are still predominant ten years after fire; the regeneration of typical heath communities is probably impossible because of the importance of stress or the strong competitive ability of *Polytrichum commune*.

INTRODUCTION

Les Bryophytes sont souvent négligées dans les études phytoécologiques. Leur rôle dans les successions végétales a parfois été mis en évidence; par exemple, certaines espèces telles que la Funaire, s'établissent dans les zones incendiées ou les «places à feu» en forêt. Dans les landes bretonnes fréquemment soumises aux incendies, la reconstitution du tapis végétal s'effectue de manières très variées (Forgeard & Touffet 1979, Clément & Touffet 1982).

Lorsque le feu n'affecte que la partie aérienne de la végétation, la régénération s'effectue très rapidement par rejets et les Bryophytes ont un rôle négli-

* Laboratoire d'Écologie végétale, U.A. C.N.R.S. 696, Université de Rennes, Campus scientifique de Beaulieu, F-35042 - Rennes cedex.

Tableau 1 : CARACTÉRISTIQUES DES STATIONS ÉTUDIÉES

Code	Lieu	Topographie	Pente en %	Orient.	Type de sol	Communauté avant incendie	Nombre L.P.-C.P.
A	T.G.	Sommet arrondi	0	-	Ranker crypto-podzolique	Lande xérophile à *Erica cinerea* et *Ulex gallii*	1 - 5
B	R.T.	Crête	5	S	Ranker d'érosion	Lande xérophile à *Erica cinerea* et *Ulex gallii*	1 - 0
C	T.G.	Haut de versant	25	W	Podzol humo-ferrugineux	Lande xérophile à *Erica cinerea* et *Ulex gallii*	2 - 0
D	T.G.	Mi-versant	50	E	Podzol humo-ferrugineux	Lande mésophile à *Erica ciliaris* et *Ulex gallii*	4 - 6
E	R.T.	Haut de versant	10	S-E	Sol ocre podzolique	Fourré mésophile à *Ulex europaeus*	1 - 0
F	R.T.	Replat sous crête	5	S-E	Sol ocre podzolique	Lande mésophile à *Erica ciliaris* et *Ulex gallii*	1 - 5
G	T.G.	Replat à mi-versant	2	E	Podzol humo-ferrugineux	Lande mésophile à *Erica ciliaris* et *Ulex gallii*	1 - 4
H	R.T.	Plateau sommital	0	-	Sol ocre podzolique	Lande-fourré mésophile à *Erica ciliaris* et *Ulex gallii*	3 - 4
I	E.	Bas de versant	2	S-E	Sol tourbeux à gley	Lande tourbeuse à *Erica tetralix* et *Sphagnum capillifolium*	2 - 1
J	E.	Dépression	0	-	Tourbe brune	Tourbière à Sphaignes	1 - 0

Légende : T.G. : Tuchenn Gador ; R.T. : Roc'h Trévézel ; E. : source de l'Elorn ;
L.P. : ligne permanente ; C.P. : carré permanent.

geable. Par contre, lorsque le feu détruit une partie de l'humus et que la recolonisation s'effectue à partir de diaspores ou de semences, les Bryophytes apparaissent dans les premiers stades de développement. Il était intéressant de préciser leur importance par une analyse diachronique de la succession dans les landes fortement perturbées par l'incendie de l'été 1976.

STATIONS ET MÉTHODES

Les études ont été effectuées dans les landes des Monts d'Arrée (29). Afin de rendre compte de la diversité des landes, dix stations ont été retenues. Leurs caractéristiques sont indiquées dans la tableau 1.

L'analyse de la recolonisation végétale est observée le long de lignes permanentes et dans des placettes permanentes (Clément & Touffet 1981). Le long des lignes, les relevés effectués par la méthode des points quadrats fournissent des données quantitatives concernant le recouvrement du sol et la fréquence relative des espèces (F. R.). Le recueil des données est effectué depuis juillet 1978, deux fois par an jusqu'en 1981, une fois par an par la suite. Les placettes permanentes permettent de visualiser le comportement des clones et la différenciation des gamétophytes sexualisés ou portant un sporophyte.

DYNAMIQUE DU TAPIS VÉGÉTAL

L'analyse de la recolonisation et la comparaison des différentes stations permettent de regrouper l'ensemble des lignes permanentes en cinq sous-ensembles correspondant aux groupes de landes préalablement définis : lande xérophile, lande mésophile, lande tourbeuse et tourbière; les landes mésophiles se différencient en deux unités distinctes en fonction de la topographie (versant, replat ou plateau).

Lande xérophile sur sommet (station A, fig. 1a)

Localisée sur un sommet légèrement arrondi, la station A est soumise à une déflation importante. Le sol, très caillouteux (50 % de recouvrement en 07/78) est un facteur limitant l'implantation de la végétation. Seules les Bryophytes assurent la recolonisation du sol. Trois phases successives peuvent être identifiées.

La première phase est illustrée par le développement simultané de *Funaria hygrometrica* (1) et *Ceratodon purpureus*, pendant les deux années suivant l'incendie.

(1) La nomenclature utilisée est celle de Corley et al. (1982) pour les Mousses, celle de Grolle (1983) pour les Hépatiques et celle de Flora Europaea Tutin et al. (1964-1980) pour les Phanérogames.

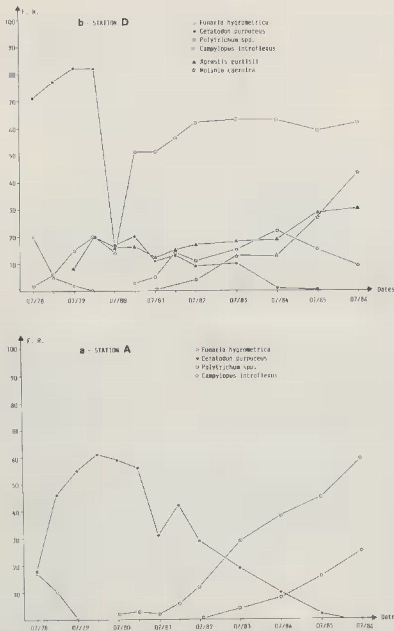


Fig. 1 — Évolution des fréquences spécifiques relatives (F. R.) des principales espèces dans la station A (L.p. A_1 - a) et la station D (L.p. D_1 - b).

La deuxième phase (de 1979 à 1982) est marquée par l'abondance relative de *Ceratodon purpureus* et la présence de quelques gamétophytes de Polytrics ainsi que quelques individus d'*Agrostis curtisii* et *Senecio sylvaticus*.

La troisième phase, à partir de 1983, correspond à la régression de *Ceratodon* et à la croissance de *Polytrichum piliferum*. Simultanément, les espaces libérés par *Ceratodon* sont colonisés par d'autres Bryophytes : une Mousse, *Campylopus introflexus*, et une Hépatique à feuilles, *Jungermannia gracillima*. Le développement des Phanérogames est lent, puisque la fréquence relative cumulée de *Jasione montana*, *Hypochoeris radicata* et *Agrostis curtisii* ne dépasse pas 15 % en 1985. *Ulex gallii* ▪ subi une réduction importante de sa fréquence au cours de l'hiver rigoureux de 1984; le gel a provoqué la mort de 90 % des rameaux.

La dynamique vers la lande est peu probable à court et moyen termes. La création d'une pelouse ouverte est probable au-delà d'une vingtaine d'années après l'incendie. Les contraintes physiques (nature du sol et microclimat) et biotiques (dominance des Bryophytes) sont les facteurs essentiels qui limitent l'installation et le développement des Phanérogames dans cette station.

Lande mésophile à mi-versant (station D, fig. 1b)

Située sur le flanc Est du Tuchenn Gador, la station D occupe un versant concave, ayant une pente de 50 %, soumis à une érosion par ruissellement. Jusqu'en 1980 apparaît une première phase à *Ceratodon* et *Funaria*. Elle est relayée par une deuxième phase à Polytrics et *Campylopus introflexus* associés à des individus dispersés d'*Agrostis curtisii*. Le développement relativement lent des espèces ligneuses permet de penser que la reconstitution de la lande n'est pas envisageable avant 10 à 20 ans.

Lande mésophile sur replat (station F, fig. 2a)

Localisée en contre-bas d'un affleurement de schistes et de quartzites, sur le flanc Sud-Est du Roc'h Trévézel, la station F a un caractère xéro-mésophile.

La première phase de colonisation avec *Funaria* et *Ceratodon* ne dure qu'une année (1977). Dès 1978, une seconde phase bryophytique, marquée par l'association de *Ceratodon* et des Polytrics (*P. piliferum*, *P. juniperinum*, *P. formosum* et *P. commune*), dure deux années (1978 et 1979). Après la forte mortalité de *Ceratodon* en hiver 1980, *Agrostis curtisii* peut s'implanter mais son développement est limité par les Polytrics. A partir de 1981, seul *Polytrichum commune* assure la couverture muscinale. Le début d'une quatrième phase de colonisation est visible à partir de 1984, grâce au développement de quelques individus d'*Ulex gallii* ayant profité des perturbations du tapis muscinal pour s'implanter. Toutefois, la persistance d'une couverture bryophytique (F. R. comprise entre 80 et 90 % depuis 1982) est un facteur de stabilité pour la végétation actuelle et le retour à la lande est très hypothétique.

Lande tourbeuse en bas de versant (station I, fig. 2b)

La station I est située en bas de versant, sur une pente faible (1 à 2 %). Le feu

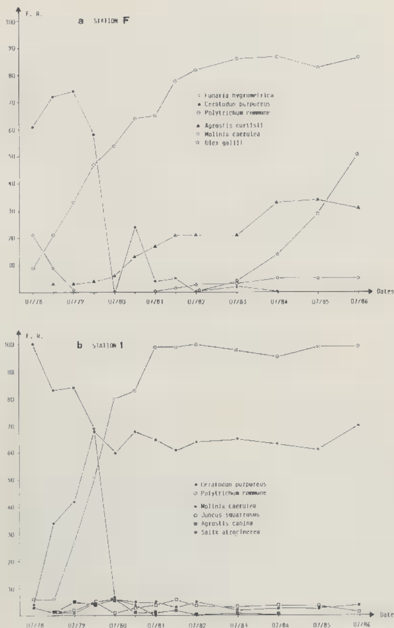


Fig. 2 — Évolution des fréquences spécifiques relatives (F. R.) des principales espèces dans la station F (L.p. F_1 - a) et la station I (L.p. I_1 - b).

couvé pendant une à deux semaines et détruit toute la couche de matière organique.

Ceratodon purpureus occupe une place prépondérante jusqu'en 1979. De 1978 à 1980, *Molinia caerulea* et *Polytrichum commune* ont un développement accéléré. A partir de 1981, la part respective de ces deux espèces est maintenue, limitant la croissance des espèces accessoires, telles *Juncus squarrosus* et *Agrostis canina*. Les deux individus de *Salix atrocinerea* survivent à peine, en raison de la déchirure des écorces par les Chevreuils. Bien que la populations de Chevreuils soit faible, son impact sur les quelques arbustes présents est important.

Compte tenu de la fréquence élevée de *Polytrichum commune* (F.R. = 95 à 100 %), la croissance de la population de Molinie est bloquée. La production de hampes florales y est pratiquement nulle, ce qui pourrait indiquer une faible vitalité. Par sa fréquence élevée, le Polytric doit assurer sa pérennité dans cette station.

Tourbière à Sphaignes (station J, fig. 3)

La station J est localisée dans une petite dépression fermée où la rétention de l'eau et des cendres est importante. Il n'y a pas eu de colonisation par *Funaria* ou *Ceratodon*. *Polytrichum commune* est apparu dès le printemps 1977 et le

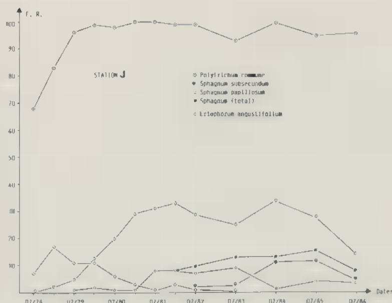


Fig. 3 – Évolution des fréquences spécifiques relatives (F. R.) des principales espèces dans la station J (L.p. J_1).

recouvrement est maximal dès 1979. Cette espèce peut constituer des peuplements monospécifiques dans des secteurs analogues à cette tourbière de pente de l'Elorn.

Sur la ligne J_1, la première phase de colonisation correspond au développement de la population de *Polytrichum commune* en association avec *Juncus bulbosus*. A partir de 1980, *Eriophorum angustifolium* atteint son maximum de développement et se maintient malgré la forte croissance en hauteur du Polytric (35 à 50 cm en 1985). La disparition de *Juncus bulbosus* en est la conséquence. A partir de 1981, les Sphaignes (*Sphagnum subsecundum* et *S. papillosum*) colonisent lentement le peuplement de Polytrics. Un tassement de cette population du fait de sa propre masse est à envisager; il pourrait alors provoquer une plus grande humectation des Mousses et un meilleur développement des Sphaignes aux dépens des Polytrics. La reconstitution de la tourbière serait alors possible.

COMPORTEMENT DES BRYOPHYTES

Dans toutes les stations, les Bryophytes sont les espèces pionnières. Leur abondance dépend pour une part des modifications des horizons superficiels du sol. Le feu génère une couche de cendre plus ou moins importante; celle-ci a un pH plus élevé lié à un enrichissement en bases et en dérivés ammoniacaux et un complexe absorbant saturé pendant quelques mois après l'incendie (Gehu & Gehu-Franck 1960, Forgeard 1987).

Funaria hygrometrica

Les caractéristiques physico-chimiques de l'horizon superficiel du sol permettent l'installation rapide de *Funaria hygrometrica*. Son développement est optimum au bout d'un an. Elle reste prédominante la deuxième année dans les stations où la densité de *Ceratodon purpureus* est faible.

Funaria est une espèce annuelle occupant les espaces nus. Lorsqu'une autre espèce s'implante, elle ne peut se réinstaller. Sa disparition est complète dès la troisième année (Clément & Touffet 1981).

En résumé, *Funaria* est une espèce pionnière exigeante mais peu compétitive. Elle constitue une bonne illustration de la stratégie primaire de type «R» définie par Grime (1977) (1), correspondant aux espèces rudérales à durée de vie brève, colonisant les espaces momentanément productifs et très perturbés (Southorn 1977).

(1) Grime (1977) considère que les plantes développent 3 types de stratégies primaires en liaison avec 3 principaux facteurs de l'environnement physique et biotique. Les plantes de stratégie «R» sont adaptées à une perturbation de leur environnement; celles de stratégie «S» sont plutôt tolérantes aux contraintes physiques; celles de stratégie «C» ont une aptitude à la compétition ou tolèrent les contraintes biotiques. Les comportements intermédiaires déterminent des stratégies secondaires, «S-R», «C-R», «C-S» ou «C-S-R».

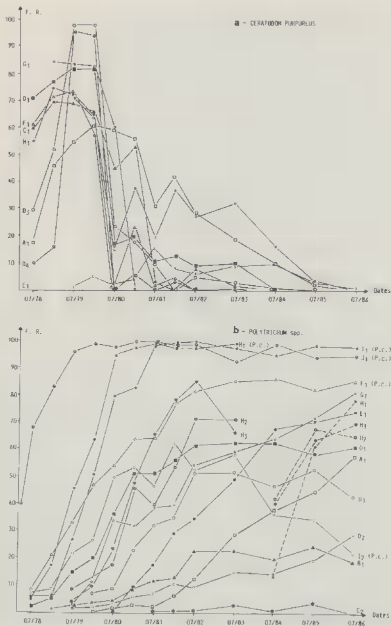


Fig. 4 – Évolution des fréquences relatives (F. R.) de *Ceratodon purpureus* (a) et de *Polytrichum* spp. (b) dans les différentes stations.

Ceratodon purpureus (fig. 4a)

Ceratodon purpureus est une espèce pionnière des sols incendiés. Son installation est simultanée à celle de *Funaria hygrometrica.* L'automne est la saison qui lui permet de se développer le mieux. C'est en majeure partie la concurrence avec les autres espèces qui est le facteur déterminant son élimination. Neuf années après l'incendie, elle ne subsiste que dans les trois stations où l'érosion est la plus forte (A, D_1 et E).

Ainsi que *Funaria, Ceratodon* est une espèce colonisatrice des espaces fortement perturbés, mais elle est moins exigeante puisqu'elle subsiste sur des milieux secs et sur des sols lessivés et durcis par l'érosion, ou bien sur des sables oligotrophes, par exemple des dunes fixées. Espèce strictement héliophile, elle ne tolère pas l'ombrage par des plantes à plus grand développement. La stratégie secondaire de type «S-R» selon Grime (1977) s'applique à cette espèce qui tire avantage d'une perturbation d'un milieu pour s'implanter et qui tolère les contraintes physiques tout en profitant de la richesse momentanée du milieu.

Les Polytrics (fig. 4b)

Les Polytrics apparaissent dès le printemps 1977 sauf dans les stations où l'érosion est la plus intense (A_1, B_1, C_2 et D_2). Leur développement est actif à partir de la troisième année dans les stations les plus favorables (plateau ou replat) et à partir de la quatrième année dans les autres stations à l'exception de la tourbière (J_1). La fréquence relative optimale est atteinte en une ou deux années dans la plupart des stations; ensuite les fluctuations sont faibles.

Le fait essentiel est l'importance relative des Polytrics entre les différentes stations. Quelles en sont les raisons ?

La nature des stations, et en particulier le régime hydrique est le facteur déterminant. Dans les stations xérophiles et xéro-mésophiles, trois espèces de Polytrics s'installent simultanément, *Polytrichum piliferum, P. juniperinum, P. formosum,* alors que dans les stations hygrophiles, *P. commune* est la seule espèce présente. Dans les stations mésophiles sur replat et plateau, les quatre espèces sont présentes en même temps, au cours des premières années de la succession après le feu. Dès la quatrième année, *Polytrichum commune*, et accessoirement *P. formosum*, éliminent les autres Bryophytes car leur plus grande croissance en hauteur entraîne une importante réduction de la lumière incidente.

La comparaison des carrés permanents montre que *Polytrichum piliferum* résiste à l'envahissement par *P. formosum* ou *P. commune* dans les stations où la croissance de ces espèces ne dépasse pas 8 à 10 cm de hauteur. La sécheresse plus forte, mais aussi la faible qualité nutritive du substrat expliquent en grande partie cette faible croissance. Contrairement à *Polytrichum piliferum, P. juniperinum* ne résiste pas aussi bien à l'interférence avec les autres Mousses. Ceci est probablement dû à la plus petite taille des clones de *Polytrichum juniperinum*.

Après la phase initiale d'installation (printemps 1977), le développement des Polytrics se fait exclusivement par multiplication végétative des gaméto-

phytes. Espèces dioïques, la colonisation s'effectue par des clones mâles et femelles qui se rapprochent mais s'interpénètrent peu dans la zone frontalière. Le suivi des carrés permanents rend compte d'une grande stabilité dans les proportions relatives entre les clones d'une même espèce. La disparition d'un clone n'est due qu'à un remplacement par une autre espèce.

L'analyse de la cinétique démographique, de la croissance et de la productivité des Polytrics (Clément 1985 et 1986) permet de mieux comprendre leur stratégie. Cependant, une comparaison est déjà possible. *Polytrichum piliferum* et *P. juniperinum* sont des espèces pionnières, tolérantes aux contraintes physiques, mais peu compétitives (stratégie «S-R»). *Polytrichum commune* est également une espèce pionnière tolérante aux contraintes, mais elle possède en plus un pouvoir compétitif élevé, puisqu'elle tend à éliminer les autres Bryophytes, mais également les Phanérogames herbacées (ex. : H_1 et G_1). Cette espèce combine les trois stratégies primaires «C-S-R», définies par Grime (1977).

Polytrichum formosum a une stratégie intermédiaire entre celle de *P. commune* («C-S-R») et *P. piliferum* («S-R»).

L'intensité de la compétition est en relation directe avec les caractéristiques abiotiques (eau et nutriments) des stations.

Campylopus introflexus et autres Bryophytes

Campylopus introflexus (Hedw.) Brid., est une espèce originaire du continent américain, introduite en Grande-Bretagne au cours de la seconde guerre mondiale. Signalée pour la première fois dans le Sussex en 1941 (Richards 1965 *in* Smith 1978), elle a ensuite progressé très rapidement en Europe continentale. Elle a parfois été confondue avec *Campylopus polytrichoides* de Not., bien que leurs aspects et leurs habitats respectifs soient distincts.

Campylopus introflexus est enregistré en 1980 et 1981 sur les lignes des stations xérophiles et xéro-mésophiles. Sa progression est relativement lente; il n'occupe que les espaces nus, après la mort et l'altération des coussinets de *Ceratodon*, ou les espaces soumis à l'érosion.

Cette espèce forme des coussinets très denses, parfois colonisés par des gamétophytes de Polytric. Elle résiste à l'implantation des Phanérogames, mais elle tolère mieux une réduction de l'éclairement que *Polytrichum piliferum* (ex. : station C_1, F. R. = 35 en 1984). Dans les stations où les Polytrics sont bien implantés, et où l'érosion est nulle, *Campylopus* ne peut s'installer. A l'inverse, il est fréquent de l'observer dans les prairies et les landes tourbeuses incendiées. L'espèce occupe alors fréquemment les touradons calcinés de *Molinia caerulea*.

Campylopus introflexus semble être une espèce xérophile. Son abondance (F. R. = 40 à 60 % en 1985) dans les landes, des falaises maritimes du Cap de la Chèvre en Presqu'île de Crozon (Finistère), incendiées en 1976, témoigne de cette écologie. Là aussi, cette espèce est liée à une perturbation. C'est probablement la Mousse la plus tolérante aux contraintes édaphiques, puisqu'elle colonise des milieux très hostiles comme les croûtes charbonneuses des sols incendiés et les touradons calcinés et déshydratés (stratégie «S-R» à tendance «S»).

Dans les stations où l'érosion est la plus intense (station A_1, C_1, D_2), une Hépatique à feuilles (*Jungermannia gracillima*) constitue un feutrage brun-rougeâtre appliqué sur le sol calciné. Son comportement vis-à-vis des contraintes physiques est comparable à celui de *Campylopus introflexus*.

D'autres Bryophytes ont été rencontrées çà et là, dans les landes incendiées; parmi elles, nous citerons : *Bryum klinggraeffii* et *B. tenuisetum*, du complexe *erythrocarpum*, espèces nouvelles pour la Bretagne, déterminées par De Zuttere (1978). En tourbière, *Marchantia polymorpha* forme çà-et-là des plaques temporaires au cours des deux premières années suivant le feu. Sa disparition rapide est due à l'interférence avec les Polytrics. Froment (1975) décrit les mêmes phénomènes dans les tourbières incendiées des Hautes-Fagnes (Belgique).

Localement, le développement rapide de *Sphagnum pylaesii* reconstitue des faciès en extension dans les landes tourbeuses incendiées. Ils constituent des zones rénovées du *Rhynchosporetum* ou bien des plages nouvelles où l'association pourra se créer.

DISCUSSION ET CONCLUSION

L'analyse comparée des successions des communautés de Bryophytes et des comportements des espèces dans les landes incendiées rend compte de la variabilité qualitative des processus de recolonisation, mais elle n'explique pas les modalités ou les processus mis en œuvre. L'étude de la biologie des populations (cinétique démographique : Clément 1985; croissance et productivité : Clément 1986) nous a permis de mieux comprendre la dynamique du tapis végétal et notamment des interférences entre les Mousses et les Phanérogames.

L'intensité du feu et la topographie déterminent le niveau d'érosion ou à l'inverse, le niveau d'accumulation des cendres. La quantité de cendres et l'alimentation en eau des stations conditionnent l'installation et la croissance des Mousses.

Dans les stations les plus fertiles, *Funaria hygrometrica* se développe rapidement et sa productivité nette peut atteindre 450 $g/m^2/an$ en peuplement mono-spécifique et un peu moins lorsqu'elle est en mélange avec *Ceratodon purpureus*. La productivité de cette dernière est légèrement supérieure, de l'ordre de 540 $g/m^2/an$ (Clément et al. 1980). Les Polytrics s'implantent plus tardivement alors que *Funaria* et *Ceratodon* ont occupé l'espace et utilisé les nutriments contenus dans les cendres.

Les espèces pionnières favorisent par leur décomposition la régénération d'une litière et permettent ainsi la reprise d'une activité biologique. Ce processus correspond aux modalités de transformation du système biologique afin de préparer l'implantation d'autres espèces. C'est le mécanisme de «facilitation» défini par Connell & Slatyer (1977); il est comparable aux mécanismes de la succession primaire ou modèle de succession autogène (Clements 1916).

Dans les stations où l'incendie n'a entraîné ni une forte érosion, ni une grande accumulation de cendres, les Mousses coexistent avec les Phanérogames et no-

tamment les Graminées caractéristiques des landes, *Molinia caerulea* et *Agrostis curtisii*.

Dix années après le feu, la régénération de la lande semble possible à moyen terme.

Dans les stations où l'érosion a été importante, les contraintes physiques du milieu (oligotrophie, sécheresse estivale) sont suffisamment fortes pour limiter ou interrompre la croissance des Phanérogames. Seules les Bryophytes (*Polytrichum piliferum*, *Campylopus introflexus*) tolèrent ces contraintes en limitant leur développement et en adaptant leur croissance aux périodes favorables (stratégie «S»). La régénération d'une lande n'est plus envisageable; elle est remplacée par une végétation cryptogamique composée de Mousses et de Lichens, appelée abusivement formation pionnière dans la description des séries évolutives.

Dans les stations où les cendres se sont accumulées et où l'eau n'est pas un facteur limitant, le développement très rapide de *Polytrichum commune*, parfois associé à *P. formosum*, monopolise les ressources et entraîne la mise en place de processus de disfonctionnement de la biocénose (Clément 1986). L'interférence avec les individus d'autres espèces telles que les Graminées se réalise au profit des Polytrics. Ceux-ci atteignent une grande taille (30 à 50 cm en moyenne, 70 à 80 cm maximum), une forte densité (260 gamétophytes/dm^2), une biomasse importante (48 à 72 t/ha, 7 à 8 ans après l'incendie), une productivité primaire nette vraie (6 à 13 t/ha/an) supérieure à celle des landes (4 à 6 t/ha/an). Ces caractéristiques expliquent l'élimination des Phanérogames et illustrent les mécanismes d'«inhibition» au sens de Connell & Slatyer (1977). La succession est alors bloquée pour une longue période.

Dans les Hautes-Fagnes (Ardenne - Belgique), des stations où des incendies de tourbières se sont produits il y a plus de cinquante années, sont toujours dominées par *Polytrichum commune* (Froment 1975). La lente décomposition de la matière organique et les propriétés antiseptiques des populations de *Polytrichum commune* rappellent les processus qui déterminent l'accumulation de la tourbe dans les tourbières à Sphaignes (Clymo 1978) et les formations de toundra antarctique (Fenton 1980).

La génèse d'un taillis forestier est peu probable. Toutefois la coexistence de *Polytrichum commune* et des Bouleaux (*Betula pubescens* et *B. pendula*) est possible si ces derniers ont pu s'implanter en tout début de la phase de colonisation (Gloaguen 1984, Forgeard 1987).

Les landes profondément perturbées par un feu d'humus (Clément & Touffet 1982) sont donc peu aptes à se régénérer. Les Mousses y assurent une place prépondérante du fait de leur possibilité de dispersion par les spores, de leur capacité d'implantation sur des milieux instables (cendres), de leurs modalités de développement et de croissance rapides, de leur tolérance aux contraintes physiques du milieu ou des possibilités de blocage de la croissance et du développement des plantes herbacées ou ligneuses.

BIBLIOGRAPHIE

CLEMENT B., FORGEARD F. & TOUFFET J., 1980 — Importance de la végétation muscinale dans les premiers stades de recolonisation des landes après incendie. *Bull. Écol.* 11 : 359-364.

CLEMENT B. & TOUFFET J., 1981 — Vegetation dynamics in Brittany heathlands after fire. *Vegetation* 46 : 157-166.

CLEMENT B. & TOUFFET J., 1982 — Le rôle des incendies dans la succession des communautés végétales des landes bretonnes. *107e Congrès Natl. Soc. Sav.*, Brest 1982, Sciences, fasc. II : 51-62.

CLEMENT B., 1985 — Structure et dynamique de deux populations de *Polytrichum commune* des landes et tourbières des Monts d'Arrée (Bretagne, France). I - Analyse démographique. *Acta Oecologica, Oecol. Gener.* 6 : 345-364.

CLEMENT B., 1986 — Structure de deux populations de *Polytrichum commune* des landes et tourbières des Monts d'Arrée (Bretagne, France). II - Croissance et productivité. *Acta Oecologica, Oecol. Gener.* 7 : 115-133.

CLEMENT B., 1987 — Structure et dynamique des communautés et des populations végétales des landes bretonnes. Thèse d'État ès Sciences, Rennes, 320 p.

CLEMENTS F.E., 1916 — Plant succession : an analysis of the development of vegetation. Washington : Carnegie Inst. Washington Publ. 242, 512 p.

CLYMO R.S., 1978 — A model of peat bog growth. *In* : O.W. HEAL & D.F. PERKINS, The Ecology of some British Moors and montane Grasslands. (*Ecological Studies* 27). Berlin : Springer. Pp. 187-223.

CONNELL J.H. & SLATYER R.O., 1977 — Mechanisms of succession in natural communities and their role in community stability and organisation. *Amer. Naturalist* 111 : 1119-1144.

CORLEY M.F.V., CRUNDWELL A.C., DÜLL R., HILL M.O., SMITH A.J.E., 1982 — Mosses of Europe and the Azores; an annotated list of species, with synonyms from the recent literature. *J. Bryol.* 11 : 609-689.

DE ZUTTERE Ph., 1978 — Excursion en Bretagne en juillet 1978. *Découvre !* Soc. Nat. Brabant-Wallon A.S.B.L., Doc. ronéo, 45 p.

FENTON J.H.C., 1980 — The rate of peat accumulation in antarctic moss banks. *J. Ecol.* 68 : 211-228.

FORGEARD F. & TOUFFET J., 1979 — Les premières phases de recolonisation végétale après incendie dans les pelouses et les landes de la région de Paimpont (Ille-et-Vilaine). *Bull. Soc. Bot. France* 126 : 473-485.

FORGEARD F., 1987 — Les incendies dans les landes bretonnes. Caractéristiques et conséquences sur la végétation et sur le sol. Thèse d'État ès Sciences, Rennes, 357 p.

FROMENT A., 1975 — Les premiers stades de la succession végétale après incendie de tourbe dans la réserve naturelle des Hautes-Fagnes. *Vegetatio* 29 : 209-214.

GEHU J.M. & GEHU-FRANCK J., 1960 — L'évolution du sol et de la végétation après incendie, dans une lande bretonne. *Bull. Lab. Marit. Dinard* 46 : 42-77.

GLOAGUEN J.C., 1984 — Contribution à l'étude phytoécologique des landes bretonnes. Thèse d'État ès Sciences, Rennes, 379 p.

GRIME J.P., 1977 — Evidence for the existence of three primary strategies in plants and its relevance to ecological and evolutionary theory. *Amer. Naturalist* 111 : 1169-1194.

GROLLE J.P., 1983 — Hepatics of Europe including the Azores : an annotated list of spe-

cies, with synonyms from the recent literature. *J. Bryol.* 12 : 403-459.

SMITH A.J.E., 1978 — The moss flora of Britain and Ireland. Cambridge : Cambridge University Press. 706 p.

SOUTHORN A.L.D., 1977 — Bryophyte recolonization of burnt ground with particular reference to *Funaria hygrometrica*. II - The nutrient requirements of *Funaria hygrometrica*. *J. Bryol.* 9 : 361-373.

TUTIN T.G., HEYWOOD V.H., BURGES N.A., MOORE D.M., VALENTINE D.H., WALTERS S.M. & WEBB D.A., 1964-1980 — Flora Europaea. Cambridge : Cambridge University Press, 5 vol.

Cryptogamie, Bryol. Lichénol. 1988, 9 (4) : 313-336

LICHÉNOSOCIOLOGIE ET QUALITÉ DE L'AIR : PROTOCOLE OPÉRATOIRE ET LIMITES

Chantal VAN HALUWYN* et Michel LEROND**

RÉSUMÉ. — A partir d'une analyse critique des méthodologies qualitatives et quantitatives de l'estimation de la qualité de l'air par les lichens, les auteurs présentent les qualités requises d'une méthode «idéale». Ils posent les principes et établissent un protocole opératoire d'une méthodologie nouvelle basée sur la lichénosociologie; celle-ci permet de définir pour chaque région une échelle qualitative adaptée et applicable par un personnel non lichénologue. Les auteurs abordent ensuite la quantification de cette nouvelle échelle en tenant compte des phénomènes d'hystérésis et de rémanence des pollutions dans les écosystèmes.

SUMMARY. — After a critical analysis of the qualitative and quantitative methods available for monitoring air pollution with lichens, the authors summarise the features they consider necessary for an ideal, integrated approach to the problem. They set out the principles of, and endeavour to establish, a new methodological approach based upon lichen sociology. This makes it possible to define, for each region of France, a qualitative scale adapted in such a way that it can be used by those with only a limited knowledge of lichens. Finally, the authors tackle the quantification of this new scale, taking account of the phenomenon of hysteresis and of the residual effects of pollution on ecosystems.

INTRODUCTION

Le but de ce travail est de présenter une nouvelle approche méthodologique d'estimation de la qualité de l'air, basée sur la lichénosociologie. Certes on peut s'interroger sur la motivation de cette nouvelle approche : qu'apportera-t-elle de plus que les autres méthodes utilisées actuellement ?

En biologie, peut-être plus que dans toute autre science, aucune méthode ne peut prétendre être universelle et définitive; non seulement on est amené à adapter, à choisir la méthode d'analyse en fonction de chaque situation, mais on doit absolument tenir compte de l'évolution constante tant des données scientifiques que du phénomène appréhendé.

* Laboratoire de botanique, UER de Pharmacie, Rue Laguesse, F-59045 Lille Cedex.

** Centre de Documentation sur le Milieu naturel, 55 rue Louis Ricard, F-76000 Rouen.

Évolution des connaissances

Même si les différentes méthodologies mises en œuvre datent d'une vingtaine d'années, ce laps de temps est suffisamment long pour permettre une évolution normale et logique de la démarche scientifique par l'intégration des données acquises en lichénologie. C'est ainsi que la recherche dans le domaine lichens-pollution profite largement des résultats nouvellement obtenus dans les disciplines suivantes : floristique, écologie, physiologie, phytogéographie et phytosociologie. . .

Évolution du phénomène que l'on désire appréhender, en l'occurrence la pollution atmosphérique, phénomène loin d'être figé

Depuis les années 1980 on assiste à une «évolution régressive» de la pollution, régression maintenant effective du fait de la prise en compte par les organismes publics et les mesures employées pour la limiter. On verra ultérieurement les problèmes que cela entraîne dans l'interprétation des résultats obtenus par les bioindicateurs. Néanmoins le dépérissement des forêts engendré notamment par les pluies acides laisse penser que les atteintes aux écosystèmes ont été profondes et durables. Enfin, dernier point et non des moindres, les méthodes biologiques semblent maintenant être prises en considération par les organismes publics; il faut pouvoir encore mieux répondre à leurs besoins : disposer d'une méthode rapide, reproductible sur un large territoire, permettant un suivi de la situation par un personnel non forcément spécialiste en lichénologie.

BASES D'UNE NOUVELLE MÉTHODOLOGIE

ÉTAT ACTUEL DES CONNAISSANCES

On ne peut élaborer une nouvelle méthodologie qu'en s'appuyant sur les travaux antérieurs dont on tirera profit. Notre nouvelle méthodologie tire son existence d'une analyse critique des deux méthodes les plus largement utilisées et mises au point par Hawksworth & Rose (1970) et par Leblanc & De Sloover (1970). La première méthode est dite «qualitative»; elle permet d'estimer le niveau de pollution à partir d'observations de terrain en appliquant deux échelles de correspondance de 11 gradients comparant 80 espèces épiphytes aux taux de pollution. Élaborée en Grande-Bretagne, la méthode de Hawksworth & Rose est sans conteste celle qui fut la plus pratiquée (tout au moins en France) en tant que méthode qualitative.

La seconde, la méthode de l'I.A.P. (Index of Atmospheric Purity) de Leblanc & De Sloover, permet le calcul d'un indice de pollution à partir d'une formule mathématique faisant intervenir différents paramètres relatifs à la flore lichénique épiphyte observée.

$$\text{I.A.P.} = 1/10 \times \Sigma_1^n Q \times f$$

où n = nombre d'espèces dans chaque station
f = coefficient de recouvrement et de fréquence de chaque espèce évalué de 1 à 5
Q = indice écologique de chaque espèce (moyenne du nombre d'espèces accompagnantes d'une espèce donnée)

La pratique relativement ancienne de la méthode de Hawksworth & Rose (depuis 1973) nous a permis d'exercer notre esprit critique afin d'en dégager les qualités mais également les inconvénients (Gehu et al. 1973, Delzenne 1973). Si nous n'avons pas appliqué personnellement la méthode de l'I.A.P., nous pouvons cependant en discuter à partir d'une étude détaillée de tous les travaux s'y référant et de discussions avec différents utilisateurs de cette méthode (Clerc, Crespo, Deruelle).

Le tableau 1 présente les principaux points de l'analyse critique de ces deux méthodes (colonnes I et II), certains d'entre eux faisant l'objet ci-après d'une argumentation plus détaillée. Dans la colonne III, nous faisons ressortir les points positifs recherchés pour une nouvelle méthodologie.

(1) Territoire étudié (les chiffres entre parenthèses renvoient au tableau). – Dans la méthode anglaise les espèces retenues ont fait l'objet d'un étalonnage précis par rapport aux mesures physico-chimiques de la pollution, étalonnage si précis qu'il justifie des variations de 10 μg voire même de 5 μg de SO_2/m^3 d'air entre deux zones voisines; une telle précision ne peut s'appliquer qu'en Grande-Bretagne. Quand cela est possible les utilisateurs de cette méthode tant en France qu'à l'étranger, procèdent à un réajustement de l'étalonnage en fonction des mesures enregistrées pour la région à étudier, ce qui permet d'apporter une spécificité régionale aux échelles anglaises (Deruelle 1977, 1983; Lerond 1978; Johnsen & Søchting 1973). Les variations observées restent cependant parfaitement acceptables entre la moitié nord de la France, le Danemark et la Grande-Bretagne : il est donc possible de conclure que la méthode de Hawksworth & Rose est tout à fait applicable aux plaines du nord-ouest de l'Europe.

(2) Territoire étudié – En ce qui concerne le critère d'homogénéité, Crespo et al. (1981) précisent : «le seul facteur susceptible de varier entre les différentes stations d'étude ne peut être que le degré de pollution». Deruelle & Garcia-Schaeffer (1983) étudient l'influence des différents paramètres écologiques sur l'I.A.P. par traitement de toutes les données collationnées sur l'ensemble de la région parisienne à l'aide de la méthode d'analyse de variance et de corrélation. Les auteurs étudient notamment l'influence des facteurs stationnels tels que la distance par rapport à Paris, le degré d'isolement de la station, l'altitude, la vitesse du vent, etc... En conclusion de cette étude un point mérite d'être souligné : même pour une région où les conditions écologiques des différentes stations sont dans l'ensemble très proches, les faibles variations des facteurs stationnels affectent l'I.A.P. Il est donc nécessaire d'effectuer les observations dans des conditions aussi semblables que possible. C'est justement pour apprécier l'homogénéité entre les différentes stations observées que Crespo et al. (1981)

Différents problèmes posés	I Méthode de HAWKSWORTH et ROSE (1970)	II Méthode de l'I.A.P. LEBLANC et DE SLOOVER 1970	III Qualités requises d'une nouvelle méthodologie
Nature du polluant	SO_2 exclusivement	Aucune limite dans ce domaine. Méthode s'applique à une charge en effluents atmosphériques	Aucune limite dans ce domaine. Méthode s'applique à une charge en effluents atmosphériques
Territoire étudié	(1)[x] Plaines du NW de l'Europe	(2) Quelle que soit la région (tout en respectant toutefois le critère d'homogénéité). Secteur relativement restreint à l'intérieur d'une région	Quelle que soit la région
Finalité	Echelle de correspondance avec mesures de pollution appréciation de la pollution en valeur absolue	(3) Appréciation de la pollution en valeur relative	Retenir le principe de l'échelle de correspondance pour pouvoir apprécier la pollution en valeur absolue
Connaissances requises en lichénologie	(4) Connaissance des 80 épiphytes dont certains pas facilement utilisables	Connaissance très approfondie de la flore lichénique	Elaboration d'une échelle de correspondance avec des espèces facilement reconnaissables et en nombre limité
Mode opératoire proposé	(5) Pour ces deux méthodes trop d'ambiguïté de libre initiative de la part de l'utilisateur	(6)	mise au point d'un protocole opératoire aussi précis que possible utilisable avec fiabilité quel que soit l'opérateur
Aptitude à la généralisation sur un grand territoire	Dans les limites du NW de l'Europe sous réserve de la prise en compte des spécificités régionales	Non, I.A.P. calculé pour une région donnée, ne peut permettre la comparaison entre 2 régions	S'efforcer de trouver une échelle applicable à un large territoire
Objectivité	(7) Nécessité de travailler avec des espèces isolées On ne globalise pas les facteurs autres que la pollution	On quantifie les facteurs écologiques (Q = index écologique de chaque espèce) ; on globalise tous les paramètres écologiques dans la mesure où on relève toutes les espèces sur les troncs de tous les arbres d'une station donnée	Il faut pouvoir objectiver la présence ou l'absence des espèces retenues dans l'échelle. Avant de proposer une échelle il faut avoir pris en compte tous les paramètres affectant la végétation lichénique

Tabl. 1 — Qualités requises d'une méthodologie «idéale» (x les chiffres entre parenthèses renvoient au texte).

introduisent le calcul d'un coefficient F (= fréquence relative globale des espèces). Le critère d'homogénéité sera respecté si les différentes valeurs de F sont sensiblement identiques d'une station à l'autre. En fait, en matière de pollution, le problème de l'homogénéité entre les différentes stations d'étude ne concerne pas uniquement les méthodes biologiques mais est valable également pour les méthodes physico-chimiques quant au choix des sites des capteurs. A la limite, les biologistes sont peut être plus soucieux du critère d'homogénéité.

(3) Finalité. — Avec la méthode de l'I.A.P. il n'y a pas de correspondance directe avec des mesures de pollution. Cependant certains auteurs, Leblanc et al. (1974), Crespo et al. (1981, 1982) élaborent une échelle d'espèces à partir des indications obtenues par le calcul de l'I.A.P. Crespo et al. (1981) établissent une correspondance «orientative» avec des mesures de pollution sur la base des données de la littérature.

(4) Connaissances requises en lichénologie. — Dans les zones de très bonne qualité atmosphérique (zones 9-10), la plupart des espèces retenues ont une aire de répartition très restreinte et présentent des exigences écologiques très précises, bien qu'elles soient particulièrement poléophobes. Nous citerons *Lobaria pulmonaria*, *Sticta* div. sp., *Ramalina duriaei*, *Teloschistes flavicans*. *Lobaria pulmonaria* s'est considérablement raréfié dans le nord-ouest de la France, raréfaction qu'il convient d'attribuer plus à l'exploitation forestière qu'à la pollution atmosphérique. *Ramalina duriaei* atteint sa limite septentrionale au niveau de l'estuaire de la Somme. *Teloschistes flavicans* n'a jamais été signalé dans le nord de la France. Si on ne se référait strictement qu'aux espèces mentionnées dans les deux échelles des auteurs anglais, à la limite, on ne pourrait jamais cartographier les zones de très bonne qualité atmosphérique. C'est pourquoi Delzenne-Van Haluwyn (1973) et Bon (1974) ont utilisé des «solutions de rechange» pour cartographier la zone 9. Mais cette démarche est tout à fait empirique faute de n'avoir pu réaliser un étalonnage précis dans ces zones afin d'apporter une spécificité régionale aux échelles originales.

(5) Mode opératoire proposé. — La plupart des espèces retenues pour définir les différents niveaux de pollution se répartissent souvent dans deux zones voisines en fonction de leur vitalité : «apparition» dans une zone, «plein développement» dans la zone immédiatement supérieure, ex. : apparition de *Parmelia perlata* en zone 8, développement important de cette espèce en zone 9. Il faut avouer que cette notion est parfois difficile à apprécier : quand s'arrête «l'apparition», quand commence le «plein développement» pour les utilisateurs potentiels ? Nous-mêmes avons parfois quelques difficultés à apprécier parfaitement la zone de pollution et nous utilisons des cotations (+) ou (−) pour compenser notre hésitation. L'échelle modifiée par Lerond (1978) pour la région de la Basse-Seine a le mérite de supprimer ces notions trop ambiguës en différenciant floristiquement chaque zone.

(6) Mode opératoire proposé. — Un examen attentif de la littérature révèle une certaine disparité dans les protocoles opératoires des différents utilisateurs

de l'I.A.P., notamment en ce qui concerne le nombre et la nature des phorophytes à observer dans chaque station, la surface du relevé sur le tronc, la formulation de l'I.A.P. (appréciation du facteur f). Dans un travail précédent (Van Haluwyn & Lerond 1986) nous présentons en détail toutes ces disparités et nous retiendrons ici la conclusion que nous en avons tirée et qui d'ailleurs dépasse le cadre d'une simple discussion de la méthode de l'I.A.P. Quelle que soit la méthode utilisée, il est indispensable de standardiser les modes opératoires de chaque méthodologie. Cette notion de standardisation fut d'ailleurs le thème principal d'un colloque tenu à Osnabrück en 1981 au cours duquel Steubing (1982) mit l'accent sur la nécessité de standardiser les protocoles opératoires des méthodes de bioindication quelles qu'elles soient.

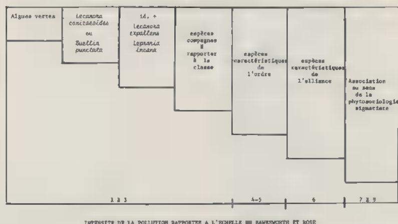
(7) Objectivité. – Un lichen est un organisme vivant et comme tel il est soumis aux conditions du milieu environnant : la pollution de l'air, mais également les facteurs substratiques, les conditions méso- et microclimatiques. En résumé une espèce peut être présente ou absente pour d'autres raisons que la qualité de l'air. Telle est la principale objection portée contre les méthodes biologiques basées sur les seules notions de présence-absence de certaines espèces. Dans la méthode de Hawksworth & Rose, seuls les facteurs substratiques sont pris en compte (deux échelles sont élaborées en fonction du pH de l'écorce) ainsi que la répartition géographique de certaines espèces en Grande-Bretagne, mais les autres paramètres écologiques ne sont pas pris en compte ou peut-être l'ont-ils été lors de l'élaboration des échelles, mais malheureusement les auteurs ne précisent pas leur protocole opératoire dans leur publication.

APPROCHE PHYTOSOCIOLOGIQUE

Comme le rappellent Iserentant & De Sloover (1976) «il est apparu très tôt qu'une communauté végétale apporterait une indication plus précise sur les conditions ambiantes que les espèces considérées isolément. Cette valeur indicatrice meilleure se fonde sur la divergence des optimas et des amplitudes écologiques des espèces; celles-ci ne se trouvent réunies que là où les facteurs mésologiques sont à un niveau convenant à chacune en particulier et correspondant donc à la portion commune de leur amplitude écologique».

C'est en s'appuyant sur ces considérations et sur notre réflexion critique quant à l'objectivité de la méthode anglaise (cf supra) que nous avons étudié la variation de la composition floristique des groupements épiphytes selon l'intensité de la pollution atmosphérique. Ces travaux antérieurs effectués sur une base phytosociologique à l'intérieur d'une aire géographique limitée (Nord - Pas-de-Calais par Van Haluwyn 1978, Normandie orientale par Lerond 1981) ont débouché sur des tableaux élaborés présentant une structure en escalier. Ces décrochements ne sont pas le fait du hasard mais correspondent à des démantèlements progressifs du synsystème lichénique épiphyte (*Physcietalia adscendentis*, *Parmelietalia physodo-tubulosae*) directement en relation avec l'intensité de la pollution. L'association lichénique est représentée dans les zones

de bonne qualité atmosphérique (zones 7 à 9 des échelles de Hawksworth & Rose). On passe ensuite successivement à des «groupements basaux» définis par les caractéristiques des unités supérieures à l'association : d'abord l'alliance (zone 6), puis l'ordre (zones 4 et 5) pour finir avec des «compagnes» (zones 1 à 3) (Tabl. 2). En Normandie orientale ce travail fut réalisé sur les sites des capteurs de mesure de pollution de manière à corréler les différents niveaux de fragmentation avec les teneurs de l'air en acidité forte. Ceci a permis l'élaboration d'une échelle de correspondance groupements épiphytes-pollution. Cette échelle de 7 zones hiérarchisées de A à G est établie à partir des espèces les plus caractéristiques et les plus facilement identifiables de chaque niveau de fragmentation (Lerond 1981)*.



Tabl. 2 — Altération des groupements lichéniques par la pollution atmosphérique, moitié nord de la France.

Dans le cadre d'un contrat avec le S.R.E.T.I.E. (Ministère de l'Environnement) la même démarche a été refaite sur un territoire beaucoup plus grand et en procédant de différentes manières : traitement manuel et informatique de 120 relevés, traitement de la totalité des relevés (soit environ 350) (Van Haluwyn & Lerond 1986).

La confrontation des tableaux réalisés avec l'échelle précédemment établie pour le nord-ouest français (Lerond 1981) permet de constituer des groupes d'espèces affines, ces groupes étant également hiérarchisés de A à G. Il s'agit

* le lecteur trouvera le traitement de ces tableaux dans la publication Van Haluwyn & Lerond 1988 (sous presse).

Zones	Espèces de lichens d' [algues] ou de (bryophytes)	Teneurs de SO_2 en $\mu g/m^3$ (moyennes annuelles
A	[*Pleurococcus viridis*]	Supérieures à 30 μg
B	*Buellia punctata* *Lecanora conizaeoides*	
C	*Lecanora expallens* *Lepraria incana*	
[illegible]	*Diploicia canescens* *Lecidella elaeochroma* *Physcia tenella* *Xanthoria polycarpa*	
[illegible]	*Candelariella xanthostigma* (*Dicranoweisia cirrhata*) *Evernia prunastri* *Hypogymnia physodes* *Parmelia sulcata* *Pseudevernia furfuracea* *Physcia adscendens* *Xanthoria parietina*	
[illegible]	(*Frullania dilatata*) (*Hypnum cupressiforme*) *Parmelia acetabulum* *Parmelia caperata* *Parmelia glabratula* *Parmelia pastillifera* *Parmelia soredians* *Parmelia subaurifera* *Parmelia subrudecta* *Parmelia tiliacea* *Pertusaria amara* *Pertusaria pertusa* *Phaeophyscia orbicularis* *Phlyctis argena* *Physconia grisea* *Ramalina farinacea* *Ramalina fastigiata* *Xanthoria candelaria*	Inférieures à 30 μg
G	*Anaptychia ciliaris* *Parmelia perlata* *Parmelia reticulata* *Parmelia revoluta* *Physcia aipolia* *Physconia pulverulacea* *Ramalina fraxinea*	

Tabl. 3 – Échelle d'estimation de la qualité des milieux (Van Haluwyn et Lerond 1986).

donc pour une large part de la confirmation des résultats antérieurs en étendant toutefois leur validité à un territoire beaucoup plus grand : la moitié nord de la France. De plus, de nouvelles espèces sont retenues (y compris quelques bryophytes), étendant ainsi le champ d'application de la méthode.

Le tableau 3 présente la liste des espèces retenues pour l'élaboration de cette échelle. La reproductibilité des résultats sur un aussi vaste territoire nous permet d'affirmer que la connaissance du statut synsystématique de chacun des décrochements visualisés lors du traitement des relevés en tableaux est un a posteriori et non un a priori pour l'élaboration de l'échelle lichens-pollution. Il suffit alors de retenir les espèces propres à chaque décrochement présentant la plus forte fréquence et parmi celles-ci les taxons de détermination macroscopique aisée.

COMPARAISON AVEC LES MÉTHODOLOGIES EXISTANTES

Travailler de la sorte apporte-t-il un plus aux méthodes de Hawksworth & Rose et de Leblanc & De Sloover ?

Comparaison avec la méthode de Hawskworth & Rose

Pour l'élaboration de notre échelle nous n'utilisons pas d'espèces isolées mais des «familles» d'espèces (un groupement ou un individu d'association). Autant il est facile d'objecter qu'une espèce peut être absente pour d'autres raisons que la pollution, autant il est difficile de faire les mêmes objections quand il s'agit d'un groupe d'espèces.

On assiste à une double simplification :

- **une échelle au lieu de deux.** – Les auteurs anglais proposent deux échelles, l'une pour des végétations nitrotolérantes à nitrophiles se développant sur écorces eutrophes, l'autre pour une flore acidophile colonisant des écorces non eutrophes. En fait nous avons à maintes reprises constaté qu'il était possible d'observer sur un même tronc ces deux types de végétations indépendamment du niveau d'eutrophisation de l'écorce. Par exemple, au sein d'une végétation appartenant aux *Parmelietalia physodo-tubulosae* il est très fréquent d'observer des «coulées» de végétations nitrophiles des *Physcietalia adscendentis* le long d'un «rain track» ou d'un «sap track».

- **7 zones au lieu de 11.** – La zone 0 n'ayant aucune signification lichénosociologique est supprimée. Les zones 5 et 6 sont regroupées ainsi que les zones 8, 9 et 10. Les tableaux de relevés de groupements s'inscrivant soit en zones 5-6, soit en zones 8-9 ne montrent pas de modifications sensibles de la composition floristique mais plutôt une variation des coefficients d'abondance.

Dans une région donnée, le choix des espèces indicatrices selon notre méthodologie intervient en dernier lieu, donc correspond obligatoirement à la flore locale et au type de pollution ambiant sans avoir besoin de recourir à l'extrapolation de résultats acquis antérieurement. On peut donc sortir du cadre géographique imposé par la méthode anglaise et ne pas se limiter uniquement à l'étude de la pollution par le SO_2.

Comparaison avec la méthode de Leblanc & De Sloover

Notre méthode s'en rapproche beaucoup, nous en voulons pour preuve la publication de Leblanc et al. (1974) où les auteurs définissent l'évolution de leur

méthode par rapport aux précédentes en utilisant la dénomination de «méthode phytosociologique». En fait il ne s'agit pas de la phytosociologie au sens de Braun-Blanquet et Tüxen mais seulement d'une approche quantitative de l'étude de la végétation. Dans les deux cas on intègre les paramètres écologiques.

PROTOCOLE OPÉRATOIRE

Afin d'éviter le reproche d'intuition ou d'approximation, nous avons souhaité définir un protocole opératoire de notre méthode aussi précis que possible. Nous avons déjà souligné la nécessité de standardiser le mode opératoire qui a souvent souffert par le passé d'adaptations particulières selon les opérateurs.

Il convient de distinguer dans ce protocole l'établissement d'une carte initiale et le suivi spatio-temporel de celle-ci. De plus nous insisterons sur l'établissement de l'échelle qui fait appel à des connaissances lichénosociologiques. L'ensemble de la démarche peut donc se résumer ainsi :

OPÉRATIONS	COMPÉTENCES
établissement de l'échelle régionale	lichénosociologie
carte initiale	notions de lichénologie
suivi spatio-temporel	notions de lichénologie

ÉTABLISSEMENT DE L'ÉCHELLE RÉGIONALE

Dans leur travail original, Hawksworth & Rose (1970) donnent trois cartes comme exemples de représentation graphique de la pollution par leur méthode: une carte de l'Angleterre, une du sud-est de l'Angleterre et une de la ville de Leicester. Si on compare ces trois cartes on constate que la cartographie de la pollution est perçue différemment en fonction de l'échelle utilisée. Il semble qu'il y ait une aire minimale et une aire maximale à respecter. Sur un territoire très restreint (à l'échelle de la ville), on obtient une carte très mosaïquée difficile à interpréter. Inversement, sur un territoire trop vaste (à l'échelle d'un pays), on ne peut donner qu'une vision globale de la pollution; plus de précisions rendant la carte illisible. On est alors obligé de regrouper des zones entre elles et de faire abstraction des variations ponctuelles. Le niveau semblant le mieux convenir est l'échelle régionale.

D'un autre côté, puisque nous introduisons dans notre méthode le «relevé phytosociologique», il ne faut pas perdre de vue que l'ensemble des relevés doit être effectué sur une aire géographique assez grande; leur multiplication sur un territoire trop restreint n'aurait pas de valeur démonstrative suffisante quant à la réelle répétitivité d'une combinaison donnée d'espèces.

Toujours en ce qui concerne le territoire à cartographier, nous voudrions évoquer un autre point : celui de la densité homogène des prospections. Cet

aspect n'est pas évoqué dans les protocoles opératoires de Hawksworth & Rose et de Leblanc & De Sloover. Lorsque la cartographie de la pollution n'a jamais été effectuée sur une région donnée, on peut étudier celle-ci sur la base d'observations réalisées sur des transects à partir des sources de pollution. Mais pour plus de rigueur, on peut quadriller systématiquement le territoire à étudier.

Cartographie en réseaux

Les utilisateurs français de la méthode de Hawksworth & Rose et de l'I.A.P. ont introduit la cartographie en réseaux pour effectuer leurs observations de terrain (Deruelle, Lerond, Van Haluwyn). Cette pratique a l'avantage de permettre des observations de terrain uniformément réparties dans l'espace. En s'efforçant de couvrir tout le territoire (au minimum une observation par maille) le tracé des lignes d'isopollution est plus facile à réaliser et la carte ainsi obtenue beaucoup plus fiable.

L'accord sur les méthodes de découpage de l'espace géographique est loin d'être total; néanmoins, il nous semble très recommandable d'adapter le découpage selon les grades des cartes I.G.N. Ceci facilite une éventuelle reprise des informations par le Secrétariat de la Faune et de la Flore, service du Muséum National d'Histoire Naturelle travaillant étroitement avec le Ministère de l'Environnement.

En fonction des régions à étudier le maillage peut être plus ou moins adapté. Dans les zones à forte pollution soumises à un suivi précis on aura recours à un découpage optimal. Nous prendrons l'exemple de nos travaux antérieurs : les cartes IGN au 1/100 000ème sont divisées successivement quatre fois en quatre ce qui donne 256 mailles de base de 2,5 x 3,25 km soit 0,025 gr en latitude et 0,05 gr en longitude. Par contre, on peut travailler avec une trame plus lâche dans les zones de pollution faible ou peu susceptible d'évoluer. Il faut ajuster le maillage à l'importance du territoire sachant que sa précision multiplie rapidement le nombre de mailles à prospecter. Le choix de la trame étant arrêté, différents processus de désignation des mailles existent (numérotation de 1 à n dans le sens de la lecture, codage par chiffres et lettres...).

Conditions des observations

La trame étant définie, elle sert de canevas pour les prospections sur le terrain. Il convient donc de choisir les stations, les phorophytes et d'effectuer les relevés lichénosociologiques.

Choix des stations. — Celui-ci est conditionné par des facteurs écologiques (homogénéité des formations végétales, abondance des supports) mais aussi par des facteurs physiques (topographie, accessibilité) voire même juridiques (statut de propriété). On évitera les situations particulières qui ne refléteraient pas l'ambiance générale de la végétation lichénique ou de la pollution. C'est ainsi que nous rejoignons les conceptions de Hawksworth & Rose et de Leblanc & De Sloover quant à l'exclusion du milieu forestier lors d'une cartographie de la pollution par les lichens, car les conditions qui y règnent sont plus contraignantes parfois que le degré de pollution.

De manière à travailler avec un système écologique cohérent on ne prendra en considération que des stations isolées : arbres isolés ou d'alignement, accessoirement parcs, vergers. . .

Ce problème a fait l'objet de discussions lors du «Séminaire de réflexion sur les méthodologies d'étude des végétations cryptogamiques», réuni à Lille les 16 et 17 février 1979 (De Foucault & Van Haluwyn 1980). La dynamique propre du groupement épiphyte que l'on considère est dépendante de la dynamique de la végétation phanérogamique environnante; c'est particulièrement le cas en forêt où les jeunes peuplements sont directement influencés par le mésoclimat régional, alors que les vieilles parcelles jouissent d'un microclimat particulier.

Selon la dimension retenue pour les mailles, on choisira une ou plusieurs stations par maille et dans ce dernier cas, réparties dans différents milieux non forestiers mais de nature différente.

Choix des phorophytes. — Dans une station donnée, on opte de préférence pour les essences connues pour être de bons porteurs de lichens épiphytes (chênes, frênes, tilleuls, peupliers, ormes. . .). A ce sujet, il est intéressant de noter les constatations de Deruelle & Garcia-Schaeffer (1983). Les auteurs ont comparé les différentes valeurs de l'I.A.P. en fonction de la nature du phorophyte par la méthode d'analyse de variance et de corrélation. Leurs conclusions vont un peu à l'encontre des concepts établis quant à l'homogénéité préconisée pour cette méthode. Ils conseillent en effet de multiplier les inventaires sur des phorophytes d'essences différentes à l'intérieur d'une même maille (on retrouve la nécessité de la cartographie en réseaux !).

Dans la majorité des cas il suffit d'observer une petite dizaine d'arbres et d'effectuer les relevés sur les phorophytes présentant les groupements les plus riches. Les observations se font sur des troncs d'un diamètre supérieur à 20 cm de façon à atténuer les effets de la dynamique propre aux groupements lichéniques. Sur le tronc les observations se font au-dessus de 80 cm à 1 m afin de ne pas tenir compte de la protection basale assurée par le couvert herbacé, ou inversement de l'eutrophisation occasionnée par les déjections animales. L'analyse de la végétation se fait jusqu'à environ 2 mètres.

Réalisation des relevés. — On peut considérer que la végétation épiphytique colonisant un tronc d'arbre constitue un paysage; dans ce paysage, on repère un certain nombre de «formes», chacune d'elles étant un individu d'association au sens de la phytosociologie. Par un examen plus attentif, on constate que la présence de ces formes sur le tronc n'est pas le fait du hasard mais correspond à des conditions écologiques bien précises (exposition au vent, à l'éclairement, influence sur le pH de l'écorce de zones d'élagage, de blessures, de ruissellement des eaux de pluie sur le tronc). Mais toutes ces formes bien entendu sont soumises au même degré de pollution.

Si l'œil permet de délimiter facilement sur un tronc les diverses formes de physionomie homogène, il faut préciser toutefois qu'un grand nombre d'ensembles naturels apparaissent comme des ensembles flous sans qu'on puisse toujours

trouver de limite nette entre eux. Dans les cas extrêmes où cette limite est difficilement appréciable, on aura recours à la détermination de l'aire minimale pour objectiver la surface du relevé (cf. Khalife & Roux 1985, 1986 et Rieux & Roux 1982).

La reconnaissance de ces formes sur le tronc étant faite, il convient alors de les décrire; pour ce faire on applique les techniques de la phytosociologie sigmatiste de Braun-Blanquet et Tüxen.

Nous avons établi une fiche de relevé bryolichénosociologique qui peut être remplie aisément sur le terrain. Elle comporte *au recto* les données suivantes :

- localisation	- facteurs anthropiques
- topographie	- nature et aspect du support
- climatologie	- position du relevé sur le tronc
- ambiance phytocénotique	- physionomie, contact avec les communautés voisines et croquis éventuels.

(Tous ces détails pourront être de grande importance lors de l'interprétation des résultats dans une cartographie de la pollution).

et *au verso* :

Liste des espèces affectées des coefficients d'abondance-dominance selon l'échelle de Braun-Blanquet et Tüxen (i, +, 1 à 5).

Dans le cas de l'utilisation des relevés à des fins d'évaluation de la pollution (notre nouvelle méthodologie), la finalité est l'élaboration d'une échelle d'espèces. On se base donc plus sur les notions de présence-absence que sur les notions de développement; c'est pourquoi nous ne retenons que le coefficient d'abondance-dominance, et nous n'utilisons pas le coefficient de sociabilité. Par contre nous préconisons de préciser le stade dynamique des espèces avec deux exposants ajoutés à ces coefficients :

j : dans le cas de formes juvéniles
o : dans le cas d'altération de thalles

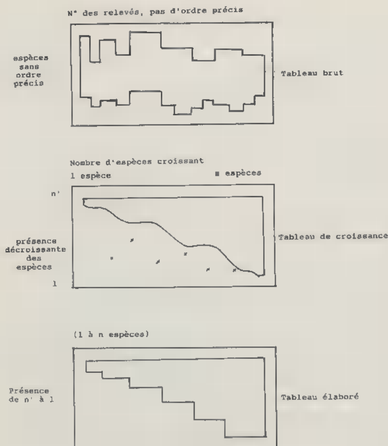
Visualisées dans le tableau définitif, ces précisions apportent un «plus» dans l'interprétation des résultats (dynamique évolutive ou régressive de la végétation épiphyte).

Élaboration de l'échelle qualitative

Les relevés effectués sont ensuite ordonnés en «tableaux». Trois types de tableaux sont successivement réalisés : tableaux bruts, de croissance et élaborés (Tabl. 4). Nous donnons ci-après quelques précisions sur la réalisation de ces tableaux. D'une part, la finalité n'est pas tout à fait celle de la phytosociologie classique; d'autre part, tous les lichénologues ne sont pas forcément initiés à ces techniques.

Tableau brut : ce tableau rassemble tous les relevés tels qu'ils se présentent, sans ordre particulier ou par ordre chronologique.

Tableau de croissance : on effectue un traitement statistique des relevés. On agence horizontalement les relevés par ordre croissant du nombre d'espèces



Tabl. 4 — Traitement des relevés en vue de l'élaboration de l'échelle qualitative.

par relevé et verticalement par ordre décroissant de fréquence des espèces (on dit aussi présence = nombre de relevés où l'espèce est présente / nombre total de relevés du tableau).

Tableau élaboré : on effectue un arrangement statistique et floristique. Nous citerons De Foucault (1986) : dans ce tableau de croissance on va «chercher à rapprocher les espèces qui marchent ensemble, c'est-à-dire celles qui sont simultanément présentes dans quelques relevés et simultanément absentes dans d'autres; en même temps on cherche celles qui s'excluent, celles qui ne sont jamais ensemble dans les relevés. On travaille donc en présence-absence». Si en plus on respecte l'ordre d'apparition des relevés et des espèces indiqué par le

tableau de croissance, on fait apparaître une structure en escalier avec décrochements successifs. L'édification d'un tel tableau est parfois délicate surtout quand on manipule un très grand nombre de relevés. Nous proposons alors la technique suivante : travailler le tableau de croissance par petits blocs successifs comme s'ils représentaient un tableau à eux seuls. Les corrélations positives et négatives entre espèces apparaissent plus facilement.

Pour l'élaboration de l'échelle qualitative il s'agit de prendre dans chaque décrochement les espèces de plus grande présence et parmi celles-ci les taxons les plus facilement identifiables. On élabore ainsi une liste d'espèces de sensibilités différentes à la pollution.

Échelle quantitative

Si on dispose en même temps de mesures physico-chimiques de la pollution, on peut alors établir une véritable échelle de correspondance lichens-pollution. Mais nous reviendrons sur ce point dans le chapitre suivant.

CARTE INITIALE

La réalisation de la carte initiale suppose l'application de la première partie du protocole, soit : cartographie en réseaux, choix des stations, des phorophytes et des relevés, puis de l'application des échelles qualitative et quantitative.

On s'intéressera évidemment à la présence des espèces figurant dans l'échelle établie (tabl. 3). Toutefois il n'est pas inutile d'emmagasiner des informations complémentaires en signalant l'état sanitaire des thalles, leur fertilité, la présence de plantules. Toutes ces informations peuvent être utilisées par la suite à des fins méthodologiques ou pour une interprétation plus fine des observations.

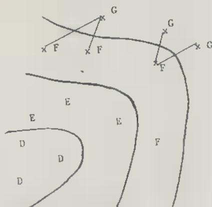


Fig. 1 — Tracé des courbes d'isopollution.

L'application directe de l'échelle sur le terrain permet de déterminer des indices de pollution. Ces indices sont ensuite reportés sur un fond de carte topographique. Les courbes sont tracées de façon médiane par rapport aux indices immédiatement voisins (fig. 1). Lorsque la densité des indices apparaît trop faible on peut infléchir légèrement le tracé des courbes en fonction de la topographie, celle-ci étant un facteur prépondérant avec la rose des vents dans la diffusion des polluants.

SUIVI SPATIO-TEMPOREL

Une carte initiale ayant été établie de façon fouillée, en s'appuyant sur une prospection fine, on dispose d'une information de base qui pourra permettre de multiples comparaisons ultérieures. Un des intérêts de cette approche biologique de la pollution de l'air est de permettre un suivi simple de l'évolution de la situation. Ceci suppose un nombre réduit d'observations.

Réseaux ou transects

L'établissement d'une carte initiale demande de nombreux mois de travail, souvent plus d'une année. Le suivi, pour être utile, doit se faire sur une période beaucoup plus courte qui ne doit pas excéder quelques mois. Il convient alors de s'attacher en quelque sorte à des «stations témoins». Celles-ci pourront avantageusement être situées sur des transects qui recoupent les zones de pollution à partir des sources initialement repérées, et ceci dans plusieurs directions de la rose des vents. Ces stations témoins ne seront pas obligatoirement fixées une fois pour toutes, mais devront suivre l'évolution de l'activité industrielle.

Conditions des observations

Les observations sont faites dans les mêmes conditions que précédemment quant au choix des supports et des espèces. Le seul changement important réside dans le choix des stations qui vont apparaître comme une sélection des stations initiales.

Sur les transects évoqués ci-dessus, on retient donc un certain nombre de stations pour chacun des indices de pollution. La répartition en est délibérément hétérogène de sorte que la densité des stations soit la plus forte là où les évolutions sont les plus prévisibles. Le total de ces stations peut se limiter à 10 % du nombre des stations initiales.

C'est le cas de la Haute-Normandie où à partir d'une carte initiale établie en 1980 sur 1750 stations, le suivi a été effectué en 1982, 1984 et 1986 avec environ 200 stations. Pour un suivi rigoureux, l'idéal serait d'ériger les stations témoins en placettes. C'est ce qui se pratique dans le Nord et en Haute-Normandie par un repérage cartographique des stations qui permet de revoir les mêmes arbres. Mais ceci est aléatoire du fait du statut de propriété très divers de ces stations, et de leur mode d'exploitation. Jusqu'à présent le suivi a pu être réa-

lisé sur des placettes fixes seulement dans les forêts domaniales de Haute-Normandie. Pour plus de rigueur l'idéal serait de déterminer et de repérer des carrés permanents sur plusieurs arbres de la placette comme certains auteurs l'ont déjà réalisé (De Wit 1983) et comme nous nous proposons de le faire en collaboration avec M.R.D. Seaward au niveau des agglomérations de Bradford, Lille, Dunkerque et Rouen.

RÉSULTATS OBTENUS POUR LA MOITIÉ NORD DE LA FRANCE

EXPLOITATION DES RÉSEAUX DE MESURES

Dès l'origine de cette étude l'objectif était d'établir une méthodologie qui s'appuie sur une échelle d'estimation de la pollution. L'un de nos soucis était donc de viser à une quantification de cette échelle comme cela avait été fait auparavant. C'est pourquoi nous avons contacté l'ensemble des D.R.I.R. (Directions Régionales de l'Industrie et de la Recherche) afin de disposer des mesures effectuées par les réseaux de capteurs. Il ne s'agit là que des réseaux qui mesurent l'acidité forte ou le SO_2 spécifique. Toutes les D.R.I.R. sollicitées ont bien voulu nous communiquer sans difficulté les informations dont nous avions besoin, ce dont nous les remercions.

Cette recherche de corrélation entre les observations lichéniques et les mesures des capteurs a déjà souvent été tentée. Les résultats ont été probants la plupart du temps bien que de nombreuses remarques aient été formulées sur les limites qui existent quant à l'utilisation des capteurs. Il y a à cela plusieurs raisons :

– le nombre limité de capteurs dans certaines régions;

– la localisation des capteurs, quelquefois exclusivement en milieu très urbanisé, dans des zones polluées dépourvues de lichens;

– la densité très différente de la répartition des capteurs comparativement à la densité beaucoup plus forte des stations lichéniques;

– le fonctionnement parfois aléatoire de certains appareils; la présence des lichens peut d'ailleurs attirer l'attention sur le disfonctionnement de certains capteurs comme à La Maxe (au Nord de Metz);

– la position des capteurs souvent en hauteur (environ 10 m) par rapport aux groupements de lichens au niveau du sol;

– la modification profonde et rapide des implantations industrielles (par exemple en Lorraine) qui peut perturber les résultats des corrélations recherchées;

– les capteurs indiquent le plus souvent le niveau d'une pollution donnée alors que les lichens présentent un «effet mémoire» qui prend en compte toutes les pollutions et leurs synergies. De ce fait ils peuvent donner une image de la situation qui semble pessimiste par rapport à celle fournie par les capteurs;

— les moyennes annuelles rendent compte de façon fragmentaire de la situation de la pollution, les pointes de pollution, souvent causées par les inversions de température, se produisant en été (Dunkerque) ou en hiver (Rouen). De ce fait l'incidence des pointes de pollution peut varier d'une région à l'autre.

PHÉNOMÈNE D'HYSTÉRÉSIS

Malgré toutes les remarques rappelées ci-dessus, jusqu'à ces dernières années, la corrélation lichens-pollution se vérifiait de façon répétitive et permettait de quantifier les échelles (celles de Hawksworth & Rose 1970 et les adaptations qui ont suivi) : cette corrélation pouvait atteindre 80 % (Deruelle 1981), voire davantage. Pendant les années 1970, l'évolution méthodologique a été la plus rapide, dans le même temps la pollution était globalement en augmentation. Or depuis le début des années 1980 la pollution stagne et le plus souvent régresse. Progressivement les auteurs ont constaté un décalage entre les observations de lichens «pré-étalonnés» et les mesures des capteurs. Ceci a été constaté dans le Nord, en Basse-Seine, mais aussi dans la région lyonnaise (Belandria & Asta 1986), mettant ainsi en évidence un phénomène d'hystérésis, celui-ci signifiant que la corrélation lichens-pollution n'est pas la même selon que la pollution croît ou décroît.

Afin de démontrer celui-ci et de rechercher une nouvelle corrélation entre les valeurs de pollution mesurées et celles estimées, nous avons examiné en détail quelques situations particulières. Nous avons examiné successivement les corrélations possibles à Paris, à Nantes, en Lorraine, en Basse-Seine et dans le Nord :

— à Paris cette corrélation est mauvaise en 1986 alors qu'elle était vérifiée entre 1979 et 1981 (Deruelle 1981);

— à Nantes, dans l'ensemble, elle demeure assez bonne;

— en Lorraine, globalement, elle est assez bonne;

— en Basse-Seine et dans le Nord la synthèse des observations révèle un décalage entre les valeurs mesurées (capteurs) et les valeurs estimées (lichens) qui va croissant avec le temps dans les zones les plus polluées.

Ces observations concrètes illustrent le phénomène d'hystérésis dans les relations lichens-pollution.

En analysant de plus près la littérature on constate le même décalage dans le temps sans que le terme «hystérésis» soit clairement évoqué : Hafellner & Grill (1981) en Allemagne observent la réinstallation de 25 lichens épiphytes 8 ans après la fermeture d'une usine de cellulose; selon Henderson-Sellers & Seaward (1978) *Lecanora muralis* présente un temps de latence, d'environ 4-5 ans, pour répondre à une amélioration de la qualité de l'air en Grande-Bretagne. A Londres, après 150 ans de disparition, les lichens foliacés réapparaissent (Gilbert 1986). Showman (1981) constate dans l'état de l'Ohio (USA) une réapparition de *Parmelia caperata* 4 ans après la baisse de la pollution et une distribution «normale» de cette espèce 8 ans après.

Nous voyons plusieurs raisons possibles à la naissance d'un tel phénomène d'hystérésis et à son intensité selon la situation locale :

Histoire de la pollution. – Sous ce terme nous réunissons tout ce qui concerne l'ancienneté de la pollution, son intensité, la fréquence des pointes, la nature des polluants, les synergies éventuelles entre eux.

A ce propos il convient de préciser que les échelles de corrélation lichens-pollution se réfèrent toujours à un seul type de polluant, en l'occurrence de l'anhydride sulfureux. S'il est vrai que les teneurs de ce polluant tendent à diminuer régulièrement, qu'en est-il des autres polluants (NO_x, O_3. . .); des études démontrent que les valeurs des oxydes d'azote restent relativement stables.

Cet aspect a déjà été évoqué par Lindsay (1982) et Belandria & Asta (1986). Schuster (1985) va plus loin encore puisqu'il considère que les lichens sont susceptibles de réagir à des polluants non encore décelés ou mesurés. Ainsi il convient d'être attentif à des évolutions très particulières de la flore lichénique, par exemple le développement récent de *Pseudevernia furfuracea* dans le Nord de la France et de *Parmeliopsis ambigua* en Normandie. L'extension de ces deux espèces ne peut s'expliquer que par une acidification de l'écorce des arbres porteurs et serait donc en relation avec l'acidité des pluies.

Facteurs biotiques. – Un changement de végétation est le mieux perçu par l'apparition ou la disparition d'espèces; l'hystérésis en pollution décroissante se concrétise par une réapparition d'espèces [Showman (1981) insiste sur la distinction entre «reinvasion» (apparition de nouveaux thalles) et «regrowth» (reprise de croissance de thalles antérieurement altérés), la reprise de croissance étant plus rapide que la réinstallation de nouveaux thalles.] dont les raisons peuvent être :

– l'accessibilité (réservoir de diaspores à proximité pouvant être transportées vers les zones en phase de dépollution);

– existence de phorophytes favorables au développement de la flore lichénique;

– qualités physico-chimiques du phorophyte (aptitude de l'écorce à rétablir rapidement son pouvoir tampon);

– germination et croissance du lichen.

Tous ces facteurs contribuent à une plus ou moins grande inertie dans la dynamique de la végétation lichénique. Beguinot (1985) propose une modélisation de la dynamique des populations lichéniques corticoles en prenant comme exemple d'application la cinétique de raréfaction d'espèces corticoles en milieu urbain à partir d'un «réservoir d'espèces» en milieu forestier environnant. Selon l'auteur on observe une disparition complète en milieu urbain d'espèces déjà peu abondantes en milieu forestier; par contre si ces espèces sont très abondantes on assistera seulement à leur raréfaction en milieu urbain. Le facteur densité de phorophytes est déterminant dans ces phénomènes de raréfaction-disparition mais le facteur pollution ne fera qu'accélérer ce processus.

QUANTIFICATION DE L'ÉCHELLE

Les travaux antérieurs, qui se situaient, rappelons-le, dans une période où la pollution atmosphérique était globalement croissante, débouchaient sur une échelle quantifiée de corrélation lichens-pollution. Cette quantification ne peut se faire qu'avec le recours aux mesures des capteurs. Or l'exploitation des réseaux a montré l'existence d'un phénomène d'hystérésis dont l'amplitude varie en fonction de différents paramètres liés à l'histoire de la pollution et aux facteurs biotiques; ceci revient à dire que les niveaux qualitatifs mis en évidence ci-dessus ne peuvent être quantifiés que pour une région donnée et une période déterminée. Le même groupement de lichens ne peut plus avoir la même signification, par exemple le niveau qualitatif E est significatif d'une moyenne annuelle de 55 µg en Basse-Seine, 25 à Nantes et 30 en Lorraine. . . Les écarts restent assez faibles mais sortent de la fourchette du niveau E de l'échelle de 1981 établie pour le nord-ouest français (35 à 45 µg). Il ne peut donc y avoir de quantification de l'échelle sur un grand territoire et sur une longue période lorsque la pollution est en phase décroissante. Toutefois, la mise en graphique de l'ensemble des éléments dont on dispose pour la Basse-Seine fait apparaître deux grands niveaux quantitatifs : les niveaux A, B, C, D, E, supérieurs à 30 µg, les niveaux F et G inférieurs à 30 µg (cf. tabl. 3).

CARTOGRAPHIE DE LA QUALITÉ DE L'AIR

La fig. 2 résulte de l'application de l'échelle établie et renseigne sur la qualité de l'air, ou plus largement sur la qualité des milieux. Cette carte se singularise par la dominance d'un «croissant noir» Basse-Seine - Région Parisienne - Bassin



Fig. 2 — Carte de la qualité de l'air (Van Haluwyn et Lerond 1986).

minier. C'est dans ce croissant noir qu'apparaissent les zones les plus polluées et que le phénomène d'hystérésis est le plus marqué. Les agglomérations les plus concernées sont celles de Dunkerque, Lille, Lens, Paris, Rouen et Le Havre. Ailleurs, sur un fond sain, se détachent les agglomérations parmi lesquelles Nantes, Reims et Metz apparaissent les plus touchées. Toutefois, il convient de garder présent à l'esprit le fait qu'il s'agit d'une carte générale, d'une première approche. Une prospection plus fine ne manquerait pas de mettre en évidence des zones C ou D, voire B au sein des agglomérations dans certaines zones industrielles.

Après les cartes régionales qui ont été citées tout au long de cette étude et publiées depuis plus de 10 ans, c'est la première fois qu'est établie une carte relative à une partie importante du territoire national. Même si elle doit être affinée, cette carte montre, à travers la raréfaction de la végétation lichénique, les atteintes profondes subies par les écosystèmes. Elle laisse apparaître aussi, que malgré la diminution sensible de la pollution enregistrée ces dernières années, les séquelles sont importantes et qu'une régénération réelle des milieux nécessitera des mesures efficaces. Les mesures capables de diminuer les pollutions majeures, mais aussi les pollutions de fond, nécessiteront sans doute une bonne connaissance des phénomènes et des techniques appropriées.

CONCLUSION

En 1982, au début de ce travail, nous avions pour but de cartographier la pollution atmosphérique de la moitié nord de la France à l'aide d'une nouvelle méthodologie proposée en 1978 (Van Haluwyn) et appliquée pour la première fois en Basse-Seine en 1981 (Lerond), méthodologie tirant son principe de la phytosociologie. Arrivés au terme, avons-nous vraiment atteint le but que nous nous étions fixés ?

– nous confirmons le bien-fondé de cette nouvelle méthodologie;

– nous proposons une échelle de corrélation lichens-qualité de l'air;

– nous dressons une cartographie de la qualité de l'air de la moitié nord de la France .

Le contrat semble donc honoré, cependant nous sommes allés plus loin que l'objectif prévu initialement : nous ne proposons plus une échelle et une cartographie de la pollution atmosphérique mais une échelle et une cartographie de la qualité de l'air. Cette subtilité de vocabulaire repose en fait sur une remise en question totale des méthodologies biologiques d'estimation des pollutions, notamment dans les régions soumises à une «dépollution». Cette mise au point situe les lichens à leur juste niveau et fixe clairement ce que l'on peut attendre d'eux pour la bioestimation des pollutions. On peut retenir actuellement deux utilisations des lichens dans ce domaine :

– dans les régions soumises à des **pollutions croissantes** ou tout au moins stables dans le temps, la corrélation lichens-pollution est pratiquement contem-

poraine (au temps t). Dans ce cas l'échelle établie peut s'étendre aux régions limitrophes (en respectant toutefois une certaine homogénéité dans la topographie et le climat); elle permet en outre un suivi spatio-temporel fidèle par rapport aux valeurs de pollution qui seraient effectivement mesurées par les capteurs des réseaux de mesures.

– dans les régions soumises à une **pollution décroissante**, il faut maintenant tenir compte du phénomène d'hystérésis et considérer que les lichens nous renseignent sur l'histoire de cette pollution (d'où un facteur temps T) et sur sa rémanence dans l'écosystème.

Dans ce cas le suivi devra être des plus minutieux car il permet d'apprécier s'il y a restauration du milieu et dans quel sens elle se fait et à quelle vitesse.

REMERCIEMENTS. – Le Ministère de l'Environnement (S.R.E.T.I.E.) qui a financé ce travail (convention n° 82-130) est vivement remercié.

BIBLIOGRAPHIE

BEGUINOT J., 1985 – Essai de modélisation de la dynamique des populations lichéniques corticoles sans interactions inter-individuelles. Application à l'étude de la cinétique de raréfaction d'espèces corticoles en milieux urbains ou forestiers. *Bull. Assoc. Franç. Lichénol.* 10 (2) : 18-24.

BELANDRIA G., ASTA J., 1986 – Les Lichens bioindicateurs : la pollution acide dans la région lyonnaise. *Pollut. Atmosph.* 109 : 10-23.

BON M., 1974 – Lichens et pollution atmosphérique en Picardie occidentale. Soc. Linnéenne du Nord de la France (St. Lô : Imp. Jacqueline), 16 pp.

CRESPO A., BARRENO E., SANCHO L.G. & BUENO A.G., 1981 – Establecimiento de una red de valoración de pureza atmosférica en la provincia de la Coruña (España) mediante bioindicadores liquénicos. *Lazaroa* 3 : 289-311.

CRESPO A., BUENO A.G., 1982 – Valoración de áeras isocontaminadas en la Casa de Campo de Madrid mediante el análisis de bioindicadores (líquenes epífitos). *Collect. Bot. (Barcelona)* 13 (1) : 279-294.

DELZENNE-VAN HALUWYN Ch., 1973 – Contribution à l'étude de la distribution des lichens épiphytes dans le Nord de la France : application au problème de la pollution atmosphérique. Thèse Doctorat d'État, Pharmacie, Lille, 162 p.

DERUELLE S., 1977 – Influence de la pollution atmosphérique sur la végétation lichénique des arbres isolés dans la région de Mantes (Yvelines). *Rev. Bryol. Lichénol.* 43 (2) : 137-158.

DERUELLE S., 1981 – Effet de la pollution atmosphérique sur la végétation lichénique dans le Bassin Parisien. Ministère de l'Environnement et du cadre de vie. Convention de recherche 79-15. 112 p.

DERUELLE S., 1983 – Écologie des lichens du Bassin Parisien. Impact de la pollution atmosphérique (engrais, SO_2, Pb) et relations avec les facteurs climatiques. Thèse de

Doctorat d'État, Univ. Paris VI, 300 + 220 p.

DERUELLE S. & GARCIA-SCHAEFFER F., 1983 — Les lichens bioindicateurs de la pollution atmosphérique dans la région parisienne. *Cryptogamie, Bryol. Lichénol.* 4 : 47-64.

DE WIT T., 1983 — Permanent plots, cryptogamic plant species and air pollution. *In* : Steubing L. and Jäger H.J., Monitoring of air pollutants by plants; methods and problems. The Hague : Junk Publ. Pp. 53-58.

FOUCAULT B. (de), 1986 — Petit manuel d'initiation à la phytosociologie sigmatiste. Amiens. 51 p.

FOUCAULT B. (de), VAN HALUWYN C., 1980 — Séminaire de cryptogamie phytosociologique (Lille 16-17 février 1979). *Doc. Phytosociol.*, n.s., 5 : 503-521.

GEHU J.M., BON M., DELZENNE Ch., ROSE F., 1973 — Essai de cartographie de la pollution atmosphérique acide dans le Nord de la France en relation avec la toxisensibilité des lichens épiphytes. *Compt. Rend. Hebd. Séances Acad. Sci., Sér. D*, 276 : 729-732.

GILBERT O.L., 1986 — Lichens return to central London. *Bull. Brit. Lichenol. Soc.* 58 : 28-29.

HAFELLNER J., GRILL D., 1981 — Der Einfluss der Stillegung einer Zellstoffabrik auf die Vegetation der Umgebung. *Phython (Horn)* 21 : 25-38.

HAWKSWORTH D.L., ROSE F., 1970 — Qualitative scale for estimating sulphur dioxide pollution in England and Wales using epiphytic lichens. *Nature (London)* 227 (5254) : 145-148.

HENDERSON-SELLERS A., SEAWARD M.R.D., 1978 — Modelling lichen reinvasion for monitoring ameliorating environments. State-of-the-Art. *Ecological Modelling* 7 : 847-854.

ISERENTANT R., DE SLOOVER J., 1976 — Le concept de bioindicateur. *Mém. Soc. Roy. Bot. Belgique* 7 : 15-24.

JOHNSEN I., SØCHTING U., 1973 — Influence of air pollution on the epiphytic lichen vegetation and bark properties of deciduous trees in the Copenhagen area. *Oikos* 24 : 344-351.

KHALIFE S., ROUX C., 1985 — L'aire minimale d'un peuplement de lichens corticoles (peuplement à *Parmelia caperata*). *Bull. Soc. Linn. Provence* 37 : 177-191.

KHALIFE S., ROUX C., 1986 — L'aire minimale d'un peuplement de lichens corticoles crustacés (peuplements à *Lecanora atra* et *Pertusaria leioplaca*). *Bull. Soc. Linn. Provence* 38 : 257-268.

LEBLANC F., DE SLOOVER J., 1970 — Relation between industrialization and the distribution and growth of epiphytic lichens and mosses in Montreal. *Canad. J. Bot.* 48 : 1485-1496.

LEBLANC F., ROBITAILLE G., RAO D.N., 1974 — Biological response of lichens and bryophytes to environmental pollution in the Murdochville copper mine area, Québec. *J. Hattori Bot. Lab.* 38 : 405-433.

LEROND M., 1978 — Courbes d'isopollution de la région de Rouen obtenues par l'observation des lichens épiphytes. *Bull. Soc. Linn. Normandie* 106 : 73-84.

LEROND M., 1981 — Les lichens en Normandie orientale, distribution, sociologie et application à la cartographie de la pollution atmosphérique. Thèse Université, Univ. Rouen. *Actes Mus. Rouen* 1981-1 et 1981-2 : 295 p.

LINDSAY D.C., 1982 — Birmingham and Warwickshire lichens : new records. *Proc. Birmingham. Nat. Hist. Soc.* 24 : 194-198.

RIEUX R., ROUX C., 1982 — La minimumaj areoj de surŝela likenkunaĵo (*Physconia grisea* - Kunaĵo). *Ecol. Med.* 8 : 153-165.

SCHUSTER G., 1985 — Die Jungendentwicklung von Flechten, ein Indikator für Klimabedingungen und Umweltbelastung. *Biblioth. Lichenol.* 20 : 206 p.

SHOWMAN R.E., 1981 — Lichen recolonization following air quality improvement. *Bryologist* 84 : 492-497.

STEUBING L., 1982 — Problems of bioindication and necessity of standardization. *In* : Steubing L. and Jäger H.J., Monitoring air pollutants by plants. The Hague : Junk Publ. Pp. 19-24.

VAN HALUWYN C., 1978 — Application de la bryolichénologie à l'évaluation des pollutions atmosphériques acides dans la région Nord - Pas-de-Calais. Contrat tranche B. Conseil Scientifique de la Faculté de Pharmacie de Lille. 16 p.

VAN HALUWYN C., 1980 — Cas de groupements altérés par la pollution. *Doc. Phytosociol.*, n. s., 5 : 503-521.

VAN HALUWYN C., LEROND M., 1986 — Les lichens et la qualité de l'air, évolution méthodologique et limites. Ministère de l'Environnement, S.R.E.T.I.E. 207 p. + annexes.

VAN HALUWYN C., LEROND M., 1988 — La lichénosociologie dans l'évaluation de la qualité du milieu. *In* : Colloque phytosociologiques, 15, «Phytosociologie et conservation de la nature». Strasbourg, 13-16 Avril 1987 (sous presse).

INFLUENCE OF MOISTURE LEVELS ON GROWTH OF *PLAGIOCHASMA APPENDICULATUM* LEHM. ET LINDENB. AND *REBOULIA HEMISPHAERICA* (L.) RADDI ON A COMPARATIVE BASIS

K.S. VISHVAKARMA and A. KAUL*

ABSTRACT. – Culture studies in relation to influence of moisture levels on growth revealed that *P. appendiculatum* possesses a wider range of tolerance to soil moisture than does *R. hemisphaerica*. In *P. appendiculatum* all thalli produced new branches at moisture levels ranging from 10 to 100 %, whereas in *R. hemisphaerica* branching occurred at moisture levels between 40 % and 90 %. Thalli of *P. appendiculatum* produced maximum number of branches, fresh weight and dry weight at 60 % moisture, whereas in *R. hemisphaerica*, maximum number of branches was obtained at 80 % moisture, and fresh weight and dry weight of newly formed branches, at 70 %.

INTRODUCTION

Plagiochasma appendiculatum Lehm. et Lindenb. and *Reboulia hemisphaerica* (L.) Raddi are widely distributed liverworts in the bryogeographical units of the Indian sub-continent (Kachroo et al. 1977). These species show differences in habitat preferences in Central India. Populations of *P. appendiculatum* commonly grow in moist as well as in very dry habitats, whereas populations of *R. hemisphaerica* are usually confined to near water of streams. Amount of water available in the substrate is an important factor for vegetative growth of bryophytes. Influence of water on bryophyte communities and habitat has been studied by Leach (1930), Birse (1958), Gimingham & Brynard (1959), Steere (1976), Shukla (1977), Longton & Greene (1979), Vishvakarma (1981), Dua et al. (1982), Kumra & Chopra (1983), Patidar & Kaul (1984). In the present paper an attempt has been made to find out the effect of different moisture levels on growth of *P. appendiculatum* and *R. hemisphaerica* from Central India at Pachmarhi on a comparative basis.

* Department of Botany, Madhav Science College, Ujjain (M. P.) 456010 India.

MATERIAL AND METHOD

Natural soil and fresh thalli of *P. appendiculatum* and *R. hemisphaerica* were collected in October 1985 from Pachmarhi and brought to Ujjain in polythene bags. Natural soil was dried at 100°C for 24 hours, and 10 moisture levels were prepared ranging from 10 % to 100 % (Vishvakarma 1981). Petridishes with 5 thalli were kept in a dessicator at a relative humidity of 80 to 85 %. Four replicates, each consisting of five thalli, were prepared for each moisture level. Results are based on 60 days old cultures. Data on number, fresh weight and dry weight of newly formed branches are based on 5 thalli per petri-dish. The cultures were maintained at a temperature of 20 ± 3°C and in light conditions of 3000 ± 250 lux obtained from a combination of incandescent bulbs and fluorescent tubes. Data on dry weight were analysed for variance by Duncans multiple range test (Duncan 1955).

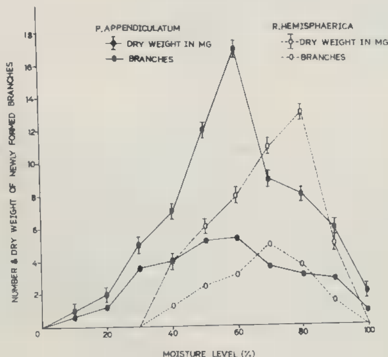


Fig. 1 — Mean dry weight and number of branches per plate produced by *Plagiochasma appendiculatum* and *Reboulia hemisphaerica* (n = 4 plates of 5 thalli each).

RESULTS

Fig. 1 shows that thalli of *P. appendiculatum* produced new branches within moisture levels of 10 to 100 %, whereas *R. hemisphaerica*, within 40 to 90 %; maximum number and dry weight of newly formed branches were obtained in *P. appendiculatum* at 60 %, whereas in *R. hemisphaerica*, at 80 % and 70 % respectively. Dry weight of newly formed branches in both species varies significantly among the 10 moisture levels (Tabl. 1, Duncan's multiple range test, $\alpha = 0.05$).

P. APPENDICULATUM	Moisture (%)	10	100	20	90	80	70	30	40	50	60
	Dry weight (mg)	0.7	0.8	1.2	2.8	3.1	3.5	3.6	4.0	5.2	5.4
R. HEMISPHAERICA	Moisture (%)	40	90	50	60	80	70				
	Dry weight (mg)	1.7	1.5	2.4	3.1	3.7	5.0				

Tabl. I — Duncan's multiple range test. Influence of moisture levels on dry weight of new branches*.

Note : Any two means not underscored by the same line are significantly different ($\alpha = 0.05$). Any two means underscored by the same line are not significantly different. Significance level of F is 5 %.

* Mean dry weight of new branches per plate of 5 thalli.

DISCUSSION

Some species have a broad spectrum of tolerance to soil moisture; they occur in varied habitats. The most important factor controlling the rapidity and luxuriance of growth of bryophytes in arctic environment is amount of available water (Steere 1976). It appeared thus interesting to make quantitative investigations on soil moisture in which different populations of bryophytes grow at a particular place. Vegetative propagation by means of adventitious branches is quite common in most bryophytes. Vegetative growth, development of new branches and revival of thallus are controlled by the amount of water in their microhabitat, and even slight changes in moisture levels may have a significant effect on their performances.

Distribution of most terrestrial bryophytes depends on the water available to them in the rainy season, and on their tolerance to water gradients. In nature, it is often difficult to determine a correlation between the amount of water available in the substrata and the vegetative growth of the populations, because moisture levels often change during the rainy season. The habitats of *P. appendiculatum* and *R. hemisphaerica* often get flooded during the rainy season at

Pachmarhi. Soil moisture varies from 25 to 100 % during the growth phase. *P. appendiculatum* showed during the culture experiment growth within 10 to 100 % (Fig. 1). However, maximum number of branches, fresh weight and dry weight were obtained at 60 % . On the other hand, *R. hemisphaerica* grew only from 40 to 90 %. Maximum number of branches were formed at 80 %, fresh and dry weight were maximum at 70 %.

Busby et al. (1978) found that growth rates of *Tomenthypnum nitens* and *Hylocomium splendens* are controlled by rainfall. Most xerophytic species of bryophytes which grow under the stress of low moisture levels often tolerate complete or partial submergence in water. Proctor (1979) observed that Marchantiales did not survive well after long flooding. Patidar and Kaul (1984) studied the effect of moisture levels on *Riccia gangetica* Ahmad and maximum revival, fresh weight and dry weight were reported at 50 %.

Culture studies clearly revealed that both *P. appendiculatum* and *R. hemisphaerica* have different requirements of moisture for their vegetative growth, (Fig. 1, Tabl. 1). *P. appendiculatum* might be adjusted to a wider range of soil moisture, whereas *R. hemisphaerica*, to a narrower range. Therefore, *R. hemisphaerica* only occurs at certain places, whereas the wider distribution of *P. appendiculatum* at Pachmarhi seems to be due to tolerance to a wider range of soil moisture.

ACKNOWLEDGEMENT. – Authors are grateful to the Principal Dr. S. L. Chhajlani, M. V. M. Ujjain for providing necessary facilities.

REFERENCES

BIRSE E.M., 1958 – Ecological studies on the growth form in bryophytes. III. The relationship between the growth form of mosses and ground water supply. *J. Ecol.* 46 (1) : 29-42.

BUSBY J.R., BLISS L.C. & HAMILTON C.D., 1978 – Microclimatic control of growth rates and habitats of the boreal forest mosses, *Tomenthypnum nitens* and *Hylocomium splendens. Ecol. Monogr.* 48 : 95-110.

DUA S., NEETA S. & CHOPRA R.N., 1982 – Studies on growth and sexuality in *Riccia gangetica* Ahmad grown in vitro. *Cryptogamie, Bryol. Lichénol.* 3 : 189-199.

DUNCAN D.B., 1955 – Multiple range and multiple F tests. *Biometrics* 11 : 1-42.

GIMINGHAM L.H. & BRYNARD A.M., 1959 – The influence of ground water level and soil type on the composition of bryophytic communities. *Trans. Brit. Bryol. Soc.* 4 : 599-600.

KACHROO P., BAPNA K.R. & DHAR G.L., 1977 – Hepaticae of India. A taxonomic survey and census. Fossombroniaceae through Anthocerotaceae. *J. Indian Bot. Soc.* 56 : 63-86.

KUMRA S. & CHOPRA R.N., 1983 – Effect of some physical factors on growth and gametangial induction in male clones of three mosses grown in vitro. *Bot. Gaz. (Crawfordsville)* 144 : 533-539.

LEACH W., 1930 – Note on the effect of growing mosses in a moisture saturated atmosphere and under condition of darkness. *New Phytol.* 29 : 276-284.

LONGTON R.E. & GREENE S.W., 1979 – Experimental studies of growth and reproduction in the moss *Pleurozium schreberi* (Brid.) Mitt. *J. Bryol.* 10 : 321-338.

PATIDAR K.C. & KAUL A., 1984 – Culture studies on *Riccia gangetica* Ahmad III - Influence of moisture regime on growth. *Cryptogamie, Bryol. Lichénol.* 5 (3) : 307-312.

PROCTOR M.C.F., 1979 – Structure and ecophysiological adaptation in bryophytes. *In* : CLARKE G.C.S. & DUCKETT J.G., Bryophyte systematics. London and New York : Academic Press, pp. 479-509.

SHUKLA R.M., 1977 – Ecological studies of two liverworts. Ph. D. Thesis, Vikram University, Ujjain.

STEERE W.C., 1976 – Ecology, phytogeography and floristics of Arctic Alaskan bryophytes. *J. Hattori Bot. Lab.* 41 : 47-72.

VISHVAKARMA K.S., 1981 – Ecological studies of *Plagiochasma appendiculatum* and *Reboulia hemisphaerica* on comparative basis. Ph. D. Thesis, Vikram University, Ujjain.

CARACTERIZACIÓN TAXONÓMICA, COROLOGÍA Y ECOLOGÍA DE *POTTIA PALLIDA* LINDB. RELACIONES CON OTRAS ESPECIES(*)

J. GUERRA y R.M. ROS**

RESUMEN. — Se realiza un estudio morfológico de *Pottia pallida* Lindb. que permite establecer los caracteres taxonómicos precisos para su identificación y separación de especies próximas con las que ha sido confundida. Se recopilan los datos corológicos, se aportan nuevas localidades para la Península Ibérica, donde solo se conocía el tipo, y se describe su comportamiento ecológico.

SUMMARY. — A morphological study of *Pottia pallida* Lindb. has been carried out in which the taxonomical features needed for its identification and delimitation from the nearest species are established. Corological data with new localities for the Iberian Peninsula where the type only was known are compiled, and the ecological behaviour is defined.

INTRODUCCIÓN

Desde su descripción por Lindberg (1864), efectuada en base a material recolectado por Lange en La Cortadura (Cádiz), ninguna otra localidad ha sido publicada en la Península Ibérica y muy pocas en la cuenca mediterránea. *Pottia pallida* es, sin duda, una especie poco frecuente, pero la escasez de citas se debe, probablemente, a la confusión ocasionada por la incompleta descripción original y a la introducción inexplicable en la misma de ciertos caracteres que no son frecuentes o que no se presentan en la especie en cuestión (*nervo longo excedente, annulus nullus,* etc.). De hecho, el mismo Warnstorf (1916) fomentó la confusión cuando describió dos variedades (*Pottia pallida* var. *brevicuspis* y *P. pallida* var. *longicuspis*) en base a la morfología foliar, realizando esquemas tan marcadamente diferentes que podrían pertenecer a especies distintas. Mönkemeyer (1927) vuelve a recoger en su obra sobre la flora muscinal europea a ambos táxones, pero no los iconografía y menciona además los mismos datos corológicos que ya apuntó Warnstorf (1916).

(*) Este artículo forma parte de los resultados del proyecto de investigación PB 86-0481, subvencionado por la DGICYT.

(**) Departamento de Biología Vegetal (Botánica). Universidad de Murcia. 30071 Murcia. España.

Casares-Gil (1932) mantuvo la distinción entre *Pottia venusta (= P. pallida* var. *longicuspis)* y *Pottia pallida (= P. pallida* var. *brevicuspis)*, probablemente porque no llegó a estudiar ningún especimen de las mismas. No obstante realizó una descripción completa y acertada de *Pottia pallida*.

Con posterioridad ha sido citada en varios puntos de la Región Mediterránea, Irano-Turánica y Macaronesia, pero sin duda, y a pesar de ser una especie no demasiado frecuente, es presumible que lo sea más de lo que hasta el momento se cree.

Por todo ello y como uno de los resultados sobre estudios taxonómicos que estamos realizando en el género *Pottia* nos ha parecido de interés precisar los caracteres morfológicos que definen a este taxon y actualizar su corología, aportando nuevas localidades en la Península Ibérica.

Pottia pallida Lindb. *Oefvers. Förh. Kongl. Svenska Vetensk.-Akad.* 21 : 220. 1864.
Pottia venusta Jur. in Ung. et Kotschy, Ins. Cypern : 167. 1865.
Pottia pallida var. *brevicuspis* Warnst., *Hedwigia* 58 : 113. 1916. *nom. illeg. incl. typ. spec.*
Pottia pallida var. *longicuspis* Warnst., *Hedwigia* 58 : 113. 1916.
Pottia pallida var. *venusta* (Jur.) Giac., *Atti Ist. Bot. Univ. Lab. Critt. Pavia* ser. 5, 4 : 212. 1947. *nom. illeg. incl. var. prior.*

DESCRIPCIÓN

Gametófito

Tallos de 3-4 mm, gregarios y normalmente formando céspedes mas o menos continuos de color verde-amarillento o amarillentos. En la base de éstos suelen aparecer pequeñas yemas y bulbilos foliosos con rizoides de color pardo claro o hialinos (Lám. 1 : d; Lám. 3 : 6-7-8). **Paroica.** Anteridios sin parafisos, situados en la axila de las hojas superiores o intermedias. **Hojas** de color amarillento o amarillo-verdoso, relativamente frágiles, lisas y con escasos cloroplastos parietales en material fresco. **Hojas inferiores** de 1,6-1,7 x 0,4-0,6 mm, oblongo-espatuladas o espatuladas, obtusas o muy poco agudizadas, nervio excurrente y margen ligeramente recurvado o plano (Lám. 1 : c; Lám. 3 : 3). **Hojas medias** de 2,2-2,5 x 0,5-0,6 mm, espatuladas y más raramente oblongo-espatuladas, por lo general netamente obtusas, nerviadura excurrente, de 50 a 270 µm de largo, margen ligeramente recurvado hasta la mitad o algo más arriba, raramente plano (Lám. 1 : a; Lám. 3 : 2). **Hojas periqueciales** netamente espatuladas, con base estrechada, de 2,3-2,5 x 0,7-0,75 mm, margen plano o ligeramente recurvado en la parte inferior, nervio siempre excurrente en mayor o menor grado y por lo general bastante ancho en la base (52,5-70 µm) (Lám. 1 : b; Lám. 3 : 1). **Nerviadura** constituida por 4-5 euricistos y 14-16 estereidas abaxiales (Lám. 2 : d). **Areolación** en la parte superior de las hojas formada por células poligonales de paredes delgadas, las marginales cuadradas o rectangulares, de 21-35 x 17,5-

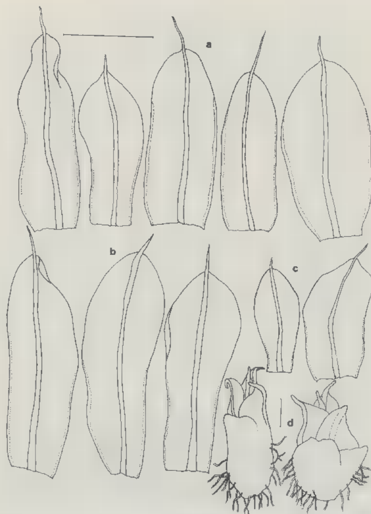


Lámina 1 – a : hojas medias. b : hojas periqueciales. c : hojas inferiores (escala 1 mm). d : bulbilos de la base de los tallos (escala 140 μm).

24,5 μm y dispuestas en dos o tres filas (Lám. 2 : a; Lám. 3 : 4); hacia el nervio se tornan netamente rectangulares o hexagonales. **Células medianas** entre el nervio y el margen, rectangular-hexagonales, de 19-52,5 x 18-20,5 μm. **Células ventrales** largamente rectangular-hexagonales (Lám. 2 : 2). **Células inferiores** hialinas la mayoría, netamente rectangulares, de 90-94,5 x 14-30,5 μm y las del borde más estrechas (Lám. 2 : c).

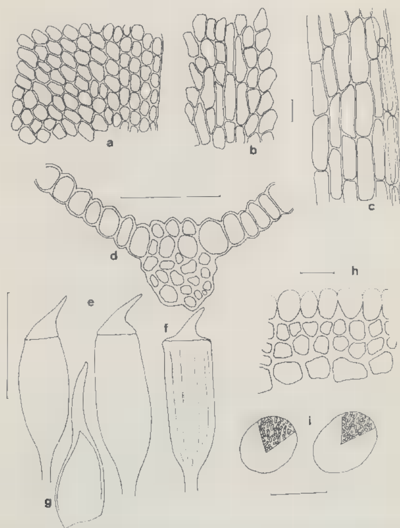


Lámina 2 -- a : areolación en la parte superior de las hojas. b : areolación en la parte media, incluyendo la nerviadura. c : areolación en la parte inferior cercana al margen (escala 30 μm). d : corte transversal de la hoja (escala 60 μm). e : cápsulas maduras hidratadas. f : cápsula madura seca. g : cofia (escala 1 mm). h : anillo y borde superior de la cápsula (escala 20 μm). i : esporas (escala 30 μm).

Esporófito

Seta normalmente amarillenta. marrón en la madurez, de 7-9 mm, retorcida en el ápice a la izquierda y en el resto a la derecha. **Cápsula** de cilíndrica a

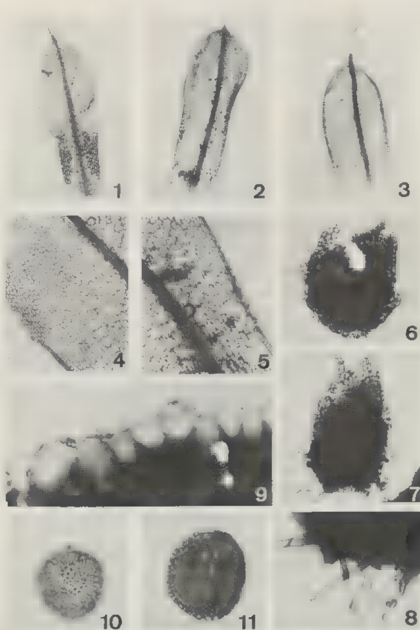


Lámina 3 — 1 : hoja periquecial. 2 : hoja media. 3 : hoja inferior. 4 : areolación superior. 5 : areolación inferior. 6 y 7 : bulbilos de la base de los tallos. 8 : rizoides de los bulbilos. 9 : anillo. 10 : espora, cara distal. 11 : espora, vista lateral.



Lámina 4 — a : ápices foliares de *Pottia pallida*. b : ápices foliares de *Pottia intermedia*.

subcilíndrica, amarillenta de joven y pardo-amarillenta o marrón cuando madura, de 1,5-2 mm de largo (incluyendo el opérculo) y 0,6-0,7 mm de ancho, con estomas en la base y ensanchada ligeramente en la parte superior tras la liberación de las esporas (Lám. 2 : e-f). **Opérculo** rostrado, oblicuo. **Peristoma** totalmente nulo. **Anillo** poco diferenciado y a veces fragmentario, pero siempre presente (Lám. 2 . h; Lám. 3 . 9). **Cofia** lisa, de 1,5-1,7 mm (Lám. 2 : g).

Esporas

Material y método de estudio. Las esporas, estudiadas en céspedes frescos, fueron extraidas de cápsulas maduras desoperculadas, lavadas con etanol al 75 % y mantenidas primeramente en glicerina al 50 %, durante media hora, y después en glicerogelatina para su posterior observación al microscopio óptico. Las medidas fueron tomadas a los diez días del montaje para evitar los efectos inmediatos de este proceso.

Descripción. Diámetro ecuatorial de 20-27,5 μm. Mayoritariamente circulares en vista polar, ocasionalmente elípticas o triangular-convexas. En vista lateral muestran una heteropolaridad basada en la existencia de una cara distal convexa y una cara proximal cóncava, plana o plano-convexa, lo que da a la espora una apariencia reniforme. Respecto a la ornamentación es de destacar la presencia de una notable gradación desde esporas finamente piladas o retipiladas (Lám. 3 : 10; Lám. 2 : i), hasta otras verrucosas (Lám. 3 : 11), no sobrepasando estas últimas el 10 % del material revisado.

La esporodermis está constituida por una capa basal homogénea y delgada que subyace a otra capa gruesa con elementos de disposición radial, cuyo tamaño, distribución y anastomosamiento resultan variables, incluso dentro de la misma espora, siendo constante su separación en la cara proximal para dejar lagunas lisas de contorno irregular, probablemente de carácter apertural.

VARIABILIDAD

Hasta el momento se han venido reconociendo dos táxones infraespecíficos en el seno de *Pottia pallida*, ambos propuestos por Warnstorf (1916), en base a la variabilidad de la morfología foliar : var. *breviscuspis*, de hojas anchamente espatuladas, margen recurvado y nerviadura cortamente excurrente y var. *longicuspis*, con hojas estrechamente espatuladas, margen poco recurvado y nervio largamente excurrente. A nuestro juicio, estos dos bloques de caracteres pueden darse mezclados en cualquier muestra o población, no estando por tanto correlacionados. En consecuencia no parece factible el mantenimiento de estas dos variedades.

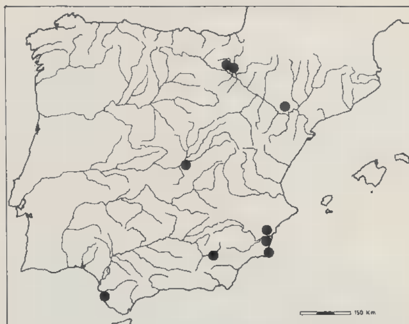
DISTRIBUCIÓN GENERAL

Se trata de una especie circunmediterránea y macaronésica, citada anteriormente en los territorios siguientes :

Egipto. — Podpěra (1954), sin mencionar localidad; El Saadawi & Badani (1977). **Península Ibérica.** — Lindberg (1864), localidad tipo; Warnstorf (1916), indica la misma localidad; Podpěra (1954); Bilewsky (1965), la cita de Gibraltar, pero podría tratarse de la misma localidad tipo. **Islas Canarias.** – Eggers (1982), menciona que fué citada por Bryhn (1908), pero confundida con *Pottia mutica*, como corrigió Persson (1939); Koppe & Düll (1986), dan localidades precisas y revisan citas anteriores. **Chipre.** — Unger & Kotschy (1865), localidad tipo de *Pottia venusta*; Warnstorf (1916), da la misma localidad; Podpěra (1954), sin mencionar localidad; Bilewsky (1965), sin mencionar localidad. **Creta.** – Nicholson (1907), aporta una cita de *Pottia crinita* al confundirla con *Pottia pallida*, como posteriormente corrigió Laflin (1973); Zander (1974), da localidades precisas; Düll (1979), refiere citas anteriores de Zander (1974) y Düll (1967); Preston (1984). **Israel.** — Bilewsky (1965), esta cita debe considerarse errónea según Herrnstadt (com. pers.). **Cerdeña.** - Massari (1879) y Fleischer (1893), dan localidades precisas; Warnstorf (1916); Bilewsky (1965); Cortini (1983), todos sin mencionar localidades. **Malta.** – Warnstorf (1916); Podpěra (1954); Bilewsky (1965), ninguno de estos autores da localidades precisas. **Córcega.** — Warnstorf (1916); Podpěra (1954); Bilewsky (1965).

DISTRIBUCIÓN IBÉRICA

De la Península Ibérica solo se conocía la localidad tipo en la provincia de Cádiz. Su areal queda ampliado en este trabajo a las de Madrid, Zaragoza, Granada, Alicante, Navarra y Murcia (Mapa 1).



Mapa 1 — Distribución ibérica de *Pottia pallida.*

MATERIAL ESTUDIADO

ESPAÑA : Cádiz Hispania rarius, 1852, Lange (Herb. Musc. W. Wilson, BM, topótipo). Madrid, carretera de Aranjuez a Toledo, El Salobral, 565 m, Brugués (BCB 22316). Zaragoza, Bujaraloz, llanos arcillosos en La Playa, Casas (BCB 4611). Ibidem, Casas (BCB 4642). Granada, Cúllar-Baza, Salar del Margen, 850 m, WG 3636, Ros, Guerra y Gil (MUB 2352). Navarra, Saladares de Miranda de Arga, Lerín y Bardenas, Fuertes & García (MA MUSCI 116). Navarra, Los Arcos, saladares, bajo las matas de *Suaeda pruinosa*, Fuertes & García (MA MUSCI 103). Navarra, entre Miranda de Arga y Lerín, suelo arcilloso-limoso en *Eremopyro-Lygeion*, Fuertes & García (MA MUSCI 109). Murcia, salinas de la Manga, XGO167, Guerra (MUB 2354). Alicante, saladares entre Crevillente y Catral, XH9129, Guerra & García-Zamora (MUB 2353). Alicante, Almoradí, Laguna de Torrevieja, Los Paredes, XH9710, Ros & García-Zamora (MUB 2355). Alicante, Rojales, Laguna de la Mata, Ros & García-Zamora (MUB 2356). Alicante, Santa Pola, Azarbe de Dalt, YH528, Ros, Guerra & García-Zamora (MUB 2357). CHIPRE : Hagia-Napa, 1862, Unger (BM, isótipo de *Pottia venusta).* Ibidem (FI). MALTA : Fuori Porta Bombe, Carnana Gatto (FI). INSULA PANTELLERIA : Sommier (FI). CERDEÑA : Isola del Toro, Martelli (FI).

ECOLOGÍA

Pottia pallida es una especie de netas apetencias hacia los suelos salinos y de hecho todas las localidades que personalmente hemos podido conocer son lugares con vegetación superior netamente halófila. En Ros y Guerra (1987) se propuso esta especie como característica de la alianza *Pottio-Riccion crustatae (Tortulo-Aloinetalia bifrontis, Barbuletea unguiculatae)*. Por los datos que hasta el momento poseemos, forma parte de una comunidad, que resta por describir, en la que se asocia a *Riccia crustata, Tortula vahliana, Acaulon dertosense, Pterygoneuron ovatum, Pottia minutula, Crossidium crassinerve*, etc. y donde es netamente predominante. Se ha observado en los dominios de la vegetación de *Arthrocnemetea*, tanto en zonas ocupadas por comunidades de *Arthrocnemion glauci* y *Suaedion brevifoliae (Arthrocnemetalia)* como en *Lygeo-Limonion furfuracei* y *Lygeo-Lepidion cardaminis (Limonietalia)*.

RELACIONES CON OTRAS ESPECIES

Pottia pallida ha sido confundida a menudo con *Pottia crinita* y *Pottia intermedia*. Con la primera guarda bastante parecido en la morfología foliar, pero *P. crinita* tiene las células foliares papilosas, mientras que *P. pallida* posee células lisas. Comparten, sin embargo, la ausencia total de dientes peristomáticos. El caso más frecuente de confusión, por otra parte explicable, se da con *P. intermedia*, ya que esta posee un peristoma reducido, caduco en ejemplares maduros o nulo; las hojas periqueciales pueden ser netamente espatuladas y las células foliares suelen ser lisas. Según lo observado por nosotros, el mejor carácter para diferenciarlas, en casos extremos, es la forma del ápice foliar, que es obtuso o muy ligeramente agudizado en *P. pallida* y marcadamente agudo en *P. intermedia* (Lám. 4). No obstante suele ser suficiente para diferenciar *P. pallida*, la ausencia total de peristoma, que está más o menos desarrollado en *P. intermedia* y la presencia de bulbilos en la base de los tallos.

AGRADECIMIENTOS. — Agradecemos a los responsables de los herbarios consultados el préstamo de material para su estudio, a D. Lamy el suministro de bibliografía indispensable y a J.S. Carrión su ayuda en la labor fotográfica.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BILEWSKY F., 1965 — Moss-Flora of Israel. *Nova Hedwigia* 9 : 335-434.

BRYHN N., 1908 — Ad cognitionem bryophytorum archipelagi canariensis contributio. *Kongel. Norske Vidensk. Selsk. Skr. (Trondheim)* 8.

CASARES-GIL M., 1932 — Flora Ibérica. Briófitas (segunda parte). Musgos. Madrid : Mus. Nac. Ci. Nat. 434 p.

CORTINI C., 1983 – Prodromo dei muschi della Sardegna. *Lav. Soc. Ital. Biogeogr.* 8 : 139-169.

DÜLL R., 1967 — Moosflora und -vegetation auf Kreta. *Rev. Bryol. Lichénol.* '1966' 1967, 34 : 732-761.

DÜLL R., 1979 — Neue Übersicht zur Moosflora der Insel Kreta (Aegaeis). *J. Bryol.* 10 : 491-509.

EGGERS J., 1982 — Artenliste der Moose Makaronesiens. *Cryptogamie, Bryol. Lichénol.* 3 : 283-335.

EL-SAADAWI W. and BADAWI A., 1977 — The moss flora of Egypt. I. Order Pottiales. *Publ. Cairo Univ. Herb.* 7-8 : 181-206.

FLEISCHER M., 1893 — Contribuzione alla briologia della Sardegna. *Malpighia* 7 (7-8) : 313-314.

KOPPE F. und DÜLL R., 1986 — Beiträge zur Moosflora von Gran Canaria. *Bryol. Beitr.* 6 : 49-57.

LAFLIN T., 1973 — Bryophytes new to Crete. *J. Bryol.* 7 : 417-420.

LINDBERG S.O., 1864 — De *Tortulis* et ceteris *Trichostomeis* europaeis. *Öfvers. Förh. Kongl. Svenska Vetensk.-Akad.* 21 (4) : 213-254.

MASSARI M., 1897 — Contribuzione alla briologia pugliese e sarda. *Nuovo Giorn. Bot. Ital.* n. s., 4 : 317-352, 357-385.

MÖNKEMEYER W., 1927 — Die Laubmoose Europas. *In* : L. Rabenhorst, Kryptogamen-Flora. . . IV. Ergänzungsband. Leipzig.

NICHOLSON W.E., 1907 — Mosses and hepatics from Crete. *Rev. Bryol.* 34 : 81-86.

PERSSON H., 1939 — Contributions à la flore bryologique des Iles Canaries. *Rev. Bryol. Lichénol.* '1938' 1939, 11 : 143-154.

PODPĚRA J., 1954 — Conspectus Muscorum Europaeorum. Praha.

PRESTON C.D., 1984 — A check-list of Greek mosses. *J. Bryol.* 13 : 43-95.

ROS D.M. & GUERRA J., 1987 — Vegetación briofítica terrícola de la región de Murcia (sureste de España). *Phytocoenologia* 15 : 505-567.

UNGER F. und KOTSCHY T., 1865 — Die Insel Cypern, ihrer physischen und organischen Natur nach mit Rücksicht . . . Wien (Rev. in *Hedwigia* 9 : 62-64, 66-70).

WARNSTORF C., 1916 — *Pottia* Studien. *Hedwigia* 58 : 35-152.

ZANDER R.H., 1974 — Some pottiaceous mosses from Aegean islands of Greece. *Ann. Mus. Goulandris* 2 : 83-87.

COMENTARIOS SOBRE ALGUNOS TÁXONES INTERESANTES DE LA BRIOFLORA IBÉRICA

M.J. ELÍAS RIVAS*

RÉSUMÉ — Étude chorologique et écologique de plusieurs mousses qui sont des nouveautés pour la bryoflore du centre-ouest de la Péninsule ibérique. Il s'agit de taxons rares ou peu connus dans le reste de la Péninsule Ibérique.

ABSTRACT — Chorological and ecological study of several mosses, reported for the first time in the central-western part of the Iberian Peninsula. It concerns rare taxa whose distribution in the Iberian Peninsula is badly known.

INTRODUCCIÓN

Como resultado de nuestros estudios briofloristico en algunas de las sierras más occidentales del Sistema Central español, – Béjar y Peña de Francia –, hemos localizado en estas zonas algunos briófitos cuya corología en la Península no era bien conocida. Comentaremos seguidamente algunos de los hallazgos que consideramos más relevantes, al objeto de contribuir al mejor conocimiento de sus respectivos areales peninsulares.

Ha sido estudiado material de herbario fundamentalmente en las briotecas MA y BCB, consultando igualmente las bibliotecas de dichos Centros, a cuyos directores expresamos nuestro agradecimiento por las facilidades recibidas.

Los testimonios de los táxones que se citan se hallan depositados en la Sección de Briología del Herbario de la Facultad de Biología de Salamanca (SALA-Bryo).

GENERALIDADES

En la **Sierra de Béjar**, situada en el extremo SE de la provincia de Salamanca, encontramos las mayores elevaciones provinciales, siendo la cota máxima El Calvitero, con 2425 m. Esta sierra ha sido evidentemente afectada por el glacia-

* Departamento de Biología Vegetal (Botánica). Facultad de Biología. 37008 Salamanca (España).

rismo cuaternario, que ha conformado su geomorfología actual. Litológicamente está constituida por granitos de nódulos y grano fino, con presencia de materiales fémicos y migmatitas.

En cuanto al paisaje vegetal, desde la base hasta las cumbres serranas encontramos las siguientes series de vegetación : geoseries riparias supramediterráneas silicícolas (saucedas, alisedas, fresnedas), serie de melojares supramediterráneos (*Luzulo forsteri-Querceto pyrenaicae* sigmetum), serie de piornales serranos oromediterráneos (*Cytiso oromediterranei-Echinosparteto pulviniformis* sigmetum) y serie de pastizales psicroxerófilos crioromediterráneos (*Agrostio rupestris-Armerieto bigerrensis* sigmetum).

La **sierra de Francia** – o de la Peña de Francia – viene a ser un conjunto de profundos y estrechos valles limitados por elevadas crestas que constituyen la región más quebrada y más importante orográficamente de la provincia. Desde el punto de vista litológico predomina el complejo esquisto-grauwáckico, CXG (pizarras, grauwackas, banquitos de conglomerados, etc.), y las típicas cuarcitas armoricanas.

En cuanto a la vegetación cormofítica, encontramos geoseries riparias mesomediterráneas silicícolas (saucedas, alisedas, fresnedas), serie de alcornocales mesomediterráneos (*Sanguisorbo agrimonioidis-Querceto suberis* sigmetum), serie de encinares meso-supramediterráneos (*Genisto hystricis-Querceto rotundifoliae* sigmetum), serie de melojares mesomediterráneos (*Arbuto unedonis-Querceto pyrenaicae* sigmetum), meso-supramediterráneos (*Genisto falcatae-Querceto pyrenaicae* sigmetum) y supramediterráneos (*Holco mollis-Querceto pyrenaicae* sigmetum), y serie de piornales serranos oromediterráneos (*Cytiso oromediterranei-Echinosparteto pulviniformis* sigmetum).

El clima, típicamente mediterráneo en el conjunto de la región, está fuertemente influenciado por la altitud y el relieve – una parte muy considerable del territorio presenta pendientes por encima del 30 % – y en ciertos emplazamientos, como Las Batuecas o Sotoserrano, se acusa una manifiesta influencia oceánica, lo que se halla en consonancia con la presencia en los mismos de varios táxones de esta corología.

Señalaremos finalmente que, desde el punto de vista corológico, y siguiendo a Rivas Martínez (1985) estas sierras se encuadran respectivamente en los sectores bejarano-gredense y salmantino de la provincia carpetano ibérico leonesa, superprovincia mediterráneo iberoatlántica, región mediterránea de la Península Ibérica.

COMENTARIOS BRIOFLORÍSTICOS

Andreaea rothii Web. & Mohr subsp. ***frigida*** (Hüb.) Schultze-Motel

ÁVILA : Sierra de Béjar, Circo de Las Lagunas de El Trampal, 30T TK6865, 2200 m, extraplomos graníticos rezumantes, M.J. Elías, SALA-Bryo 1092.

SALAMANCA : Sierra de Béjar, Circo de la Peña Negra, 30T TK7370, 2000 m, extraplomos graníticos rezumantes, M.J. Elías, SALA-Bryo 10.

Distribución : Especie ártico-alpina conocida de Groenlandia y numerosos países europeos, como recogen Schultze-Motel (1970) y Düll (1984). En la Península había sido citada de algunas localidades pirenaicas y del Sistema Central (Schultze-Motel 1970, Casas Sicart 1986), y más recientemente en Sierra Nevada y Sierra de Ancares (Casas et al. 1987). La actual localización salmantina, junto con una mención anterior (Elías Rivas & Casas Sicart 1987) en la vertiente abulense bejarana, significan las primeras citas para el CW peninsular y las más occidentales en el Sistema Central, dada la ausencia del taxon en Portugal. Su corología actual en la Península Ibérica queda reflejada en el mapa de la Fig. 1.

Ecología : Especie orófila que hemos encontrado en las altas cumbres bejaranas, por encima de los 2000 m de altitud, viviendo sobre paredones graníticos habitualmente rezumantes y orientados al N o al NE. En estos emplazamientos pensamos forma parte de las comunidades del *Andreaeetum nivalis* Krajina 1933, que en estas zonas carecen de algunos elementos característicos, como ya hemos comentado (Elías Rivas, en prensa), apareciendo otros que diagnostican unidades superiores, como *Racomitrium heterostichum* (Hedw.) Brid., *Bryum alpinum* With. o el taxon que seguidamente comentaremos, *Kiaeria starkei* (Web. & Mohr) I. Hag. Gil García & Guerra Montes (1981) comentan que, por sus preferencias ecológicas en Sierra Nevada, pudiera estar relacionada con las fitocenosis reófilas alpinas de la clase *Hygrohypnetea* von Hübschmann 1957, aunque incidentalmente la habían localizado en comunidades similares a las que nosotros la adscribimos.

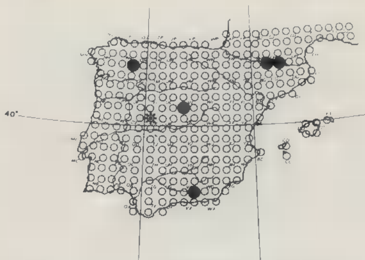


Fig. 1 — Distribución de *Andreaea rothii* Web. & Mohr subsp. *frigida* (Hüb.) Schultz.-Mot. en la Península Ibérica. ● Localidades conocidas, ✱ Nuevas citas.

Kiaeria starkei (Web. & Mohr) I. Hag.

ÁVILA : Sierra de Béjar, Circo de las Lagunas de El Trampal, 30T TK6865, 2200 m, fisurícola y saxícola en granitos, M.J. Elías, SALA-Bryo 273; íbidem, M.J. Elías, SALA-Bryo 796.

Distribución : Noreste, este y centro de Asia. Norteamérica y sur de Sudamérica. Australia. Gran parte de Europa (Düll 1984). En la Península Ibérica la conocemos citada de las cordilleras cantábrica y pirenaica, sierra de Ancares, y varias localidades portuguesas – serra d'Estrella y Porto –, como se resalta en el mapa de distribución (Fig. 2).

Aportamos ahora la primera mención para el Sistema Central Español; esta localidad pertenece administrativamente a la provincia de Ávila, si bien es de esperar la presencia de este taxon en la vertiente salmantina de la mencionada sierra.

Ecología : Taxon meso-higrófilo, foto-esciófilo, saxícola y acidófilo, típicamente subártico-subalpino; en las estaciones estudiadas aparece viviendo en roquedos graníticos formando pequeños céspedes con especies como *Andreaea nivalis* Hook., *A. rothii* Web. & Mohr subsp. *frigida* (Hüb.) Schultze-Motel o *Grimmia hartmanii* Schimp.; ocasionalmente, y en aquéllas áreas sometidas a una mayor insolación, suele buscar refugio en pequeñas grietas y fisuras junto a otros taxónes casmofíticos.

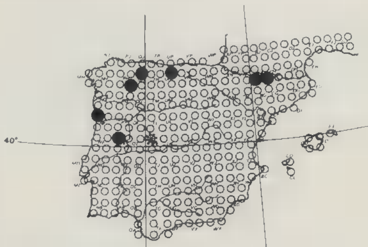


Fig. 2 – Distribución de *Kiaeria starkei* (Web. & Mohr) I. Hag. en la Península Ibérica. ● Localidades conocidas, ✱ Nuevas citas.

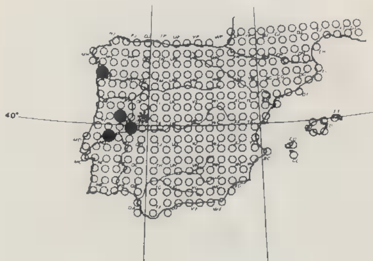


Fig. 3 – Distribución de *Schizymenium pontevedrensis* (Luis.) Casas, Cros, Brugés & Sergio en la Península Ibérica. ● Localidades conocidas, ✱ Nuevas citas.

Schizymenium pontevedrensis (Luis.) Casas, Cros, Brugués & Sergio, VII Simp. Nac. Bot. Criptog. y Libro Resúm. Madrid : 237 (1987) (≡ *Mielichhoferia pontevedrensis* Luis.)

CÁCERES : Entre Rio Mala y Las Mestras, 29T QE4278, 495 m, taludes, M.J. Elías, SALA-Bryo 851; íbidem, M.J. Elías, SALA-Bryo 850.

SALAMANCA : La Alberca, valle de Las Batuecas, 29T QE4283, 600 m, taludes, M.J. Elías, SALA-Bryo 57; La Herguijuela de la Sierra, valle de Belén, 29T QE4682, 850 m, taludes, M.J. Elías, SALA-Bryo 852; íbidem, M.J. Elías, SALA-Bryo 853.

Distribución : Endemismo ibérico. El género *Schizymenium* está mayoritariamente distribuido en el hemisfério sur, pudiendo considerarse esta especie como el único representante europeo del mismo, y vicariante de aquéllas (Sergio 1987).

En la Península sólo era conocido de cuatro localidades (Sergio 1980) : una española – Pontevedra – y tres portuguesas – Ferreira do Zêzere, Manteigas y Vale de Amoreira –. Así pues, nuestra cita constituye la segunda para España y una relevante novedad briofloristica para el centro-oeste. Con posterioridad a nuestras herborizaciones ha sido recogida en la sierra de Gata (Casas & al., en prensa). (Fig. 3).

Ecología : Aparece generalmente sobre taludes – cambisoles húmicos y dístricos – situados en las márgenes de encinares y alcornocales, en algunos valles térmicos en el límite Salamanca-Cáceres. Se integra en comunidades que creemos

adscribibles a la alianza *Dicranellion heteromallae* Philippi 1963; la presencia en los inventarios de especies como *Aulacomium androgynum* (Hedw.) Schwaegr., nos confirma el carácter subatlántico de dichas fitocenosis.

En estas zonas aparece bien fructificada, y creemos que, una vez conocida su ecología en las mismas, parece probable el descubrimiento de su presencia en nuevas localidades ibéricas, lo que permitirá el mejor conocimiento de su corología.

Bryum cyclophyllum (Schwaegr.) B. et S.

SALAMANCA : Entre Valero y Miranda, puentes del Alagón, 30T TK5190, 600 m, suelos húmedos, M.J. Elias, SALA-Bryo 317.

Distribución : Especie subártica conocida del noreste, este y centro de Asia, norte de Africa, Norteamérica y numerosos países europeos (Düll 1985). Este autor señala el taxon en España, sin confirmar su presencia en base al correspondiente material de herbario, basándose muy probablemente en la añeja cita de Fructuoso (1914) en Badajoz, que recoge Casas Sicart (1981). Hemos tenido oportunidad de estudiar este material en la Brioteca Casares Gil (MA), y el mismo está identificado por el propio Casares Gil. Mucho más recientemente Miguel & Ederra (1984) dieron a conocer su presencia en Navarra. Se trata, pues, de un taxon de corología mal conocida a nivel peninsular (Fig. 4), que citamos ahora de una localidad intermedia entre las dos anteriores, y que significa una notable aportación a la flora briológica centro-occidental ibérica.

Ecología : Por los datos que poseemos, parece tratarse de un taxon de ecología variable, al menos en la Península. Miguel & Ederra (1984) la consideran

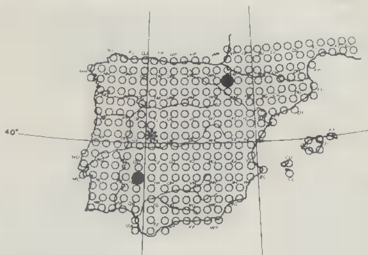


Fig. 4 – Distribución de *Bryum cyclophyllum* (Schwaegr.) B. et S. en la Península Ibérica. ● Localidades conocidas. ✱ Nuevas citas.

meso-higrófila, esciófila, terrícola y calcícola; con un comportamiento relativamente similar se presenta en la localidad estudiada, si bien, y en consonancia con la composición litológica de la zona, es acidófila, situándose sobre litosuelos cuarcíticos en las márgenes del río Alagón.

Bryum gemmilucens Wilcz. & Dem.

SALAMANCA : Sotoserrano, 29T QE5379, 400 m, taludes, M.J. Elías, SALA-Bryo 382.

Distribución : Macaronesia, suroeste de Asia y Norteamérica. Europa : Bélgica, Gran Bretaña, Francia, Alemania, Hungría, Portugal (Düll 1985). Casas & Brugués (1983) la dieron a conocer para España señalándola de algunas localidades catalanas – Vilalba des Arcs, Cap Norfue – y extremeñas – Jaraicejo –, y recentísimamente (Gil García & Castro 1987) se ha citado en Huelva, Jaén y Ciudad Real. De Portugal sólo la conocemos señalada en el Algarve (Sergio & al. 1984). Casas Sicart (com. ver.) considera que, tras conocerse bien sus caracteres diagnósticos dentro del grupo *Bryum bicolor*, resultará una especie relativamente común a nivel peninsular, hecho éste que se está poniendo de manifiesto tras nuevas prospecciones (Fig. 5).

Ecología : De comportamiento terrícola, suele presentarse sobre suelos descubiertos en dehesas, barbechos, etc. Nosotros la hemos recogido en taludes formando parte de comunidades que creemos asimilables a la alianza *Dicranellion heteromallae* Philippi 1963.

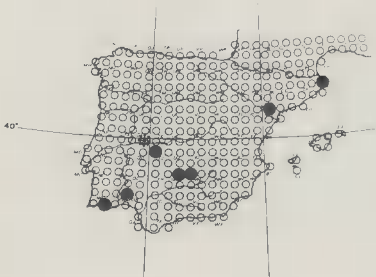


Fig. 5 - Distribución de *Bryum gemmilucens* Wilcz. & Dem. en la Península Ibérica. ● Localidades conocidas, ✱ Nuevas citas.

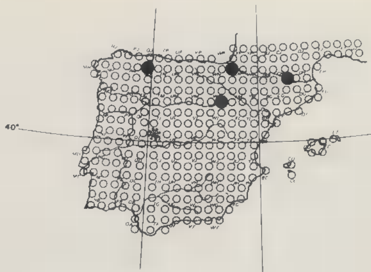


Fig. 6 — Distribución de *Calliergon cordifolium* (Hedw.) Kindb. en la Península Ibérica. ● Localidades conocidas, ✱ Nuevas citas.

Calliergon cordifolium (Hedw.) Kindb.

CÁCERES : Hervás, subida al Puerto de Honduras, 30T TK5656, 1400 m, suelos semiencharcados, M.J. Elias, SALA-Bryo 248.

SALAMANCA : Sierra de Béjar, Circo de la Peña Negra, 30T TK7370, 2000 m, prados montanos, M.J. Elías, SALA-Bryo 241.

Distribución : Especie boreal, cuya presencia en la Península se halla limitada, según los datos que poseemos, a algunas localidades dispersas de la mitad norte — Asturias, Sistema Ibérico, Navarra y Pirineos —, como queda reflejado en el mapa de distribución de la Fig. 6. Aportamos ahora las primeras menciones para el Sistema Central peninsular — provincias de Salamanca y Cáceres — que constituyen al mismo tiempo las más meridionales para la Península Ibérica.

Ecología : Taxon de comportamiento higrófilo que en las localidades estudiadas suele integrarse en los céspedes altos pertenecientes al orden *Montio-Cardaminetalia* (Pawlowski 1926) Maas 1959 que aparecen en los prados montanos bejaranos y en otros emplazamientos en bordes de cursos de agua.

Hyocomium armoricum (Brid.) Wijk. & Marg.

SALAMANCA : La Alberca, valle de Las Batuecas, 29T QE 4283, 600 m, saxícola en pizarras, M.J. Elías, SALA-Bryo 471.

Distribucíon : Taxon oceánico-montano que, como puede apreciarse en el correspondiente mapa de distribución de la Fig. 7, en la Península presenta una

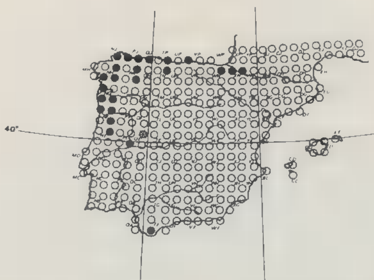


Fig. 7 — Distribución de *Hyocomium armoricum* (Brid.) Wijk. & Marg. en la Península Ibérica. ● Localidades conocidas, * Nuevas citas.

corología de tipo atlántico noroccidental, con disyunción en Algeciras (Casas & al. 1985). Nuestra actual localización constituye, por tanto, junto con una recolección posterior en Gata (Casas & al., en prensa), la primera para el interior peninsular.

Ecología : Vive sobre pizarras y esquistos húmedos en márgenes de cursos de agua, en el seno de alisedas mesomediterráneas del *Scrophulario scorodoniae-Alnetum glutinosae* Br.-Bl., P. Silva & Rozeira 1956. La influencia que se acusa en esta localidad — como comentábamos en el capitulo de generalidades —. permite la presencia en la misma de ciertos briófitos de neto carácter oceánico, como el que ahora nos ocupa.

AGRADECIMIENTOS. — Agradezco a la Profª. Dra. Casas Sicart su ayuda en la identificación y confirmación del material, así como las orientaciones dadas para la elaboración de este trabajo, y la revision final del mismo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CASAS SICART C., 1981 – The mosses of Spain. An annotated check-list. *Treb. Inst. Bot. Barcelona* 7 : 1-57.

CASAS C. & BRUGUÉS M., 1983 – Addiciones a la brioflora de les comarques tarragonines. *Collect. Bot. (Barcelona)* 14 : 235-241.

CASAS C. & BRUGUÉS M., CROS R.M. & SERGIO C., 1985 – Cartografia de Briòfits. Península Ibèrica i les Illes Balears, Canàries, Açores i Madeira. Barcelona : Inst. Estud. Cat. Fasc. I : 1-150. 154 págs.

CASAS SICART C., 1986 – Catálogo de los briófitos de la vertiente española del Pirineo Central y de Andorra. *Collect. Bot. (Barcelona)* 16 (2) : 255-321.

CASAS C., FUERTES E. & VARO J., 1987 – Aportaciones al conocimiento de la Flora Briológica española. Notula VII : El Valle de Cuiña, Sierra de Ancares. Actas VI Simp. Nac. Bot. Criptog. Granada. págs. 473-483.

CASAS C., BRUGUÉS M. & CROS R.M. – Brioflora de la sierra de Gata. *Orsis* 3 (en prensa).

DÜLL R., 1984 – Distribution of the European and Macaronesian Mosses (Bryophytina). Part. I. *Bryol. Beitr.* 4 : 1-113.

DÜLL R., 1985 – Distribution of the European and Macaronesian Mosses (Bryophytina). Part. II. *Bryol. Beitr.* 5 : 110-232.

ELÍAS RIVAS M.J. & CASAS SICART C., 1987 – *Andreaea* Hedw., en el occidente del Sistema Central. Actas VI Simp. Nac. Bot. Criptog. Granada. págs. 499-504.

ELÍAS RIVAS M.J., 1988 – Aportaciones al conocimiento de la brioflora centro-occidental española. *Lazaroa* 10 (en prensa).

FRUCTUOSO G., 1914 – Excursiones briológicas por la provincia de Badajoz. *Trab. Mus. Nac. Ci. Nat., Ser. Bot.* 6 : 1-16.

GIL GARCÍA J.A. & GUERRA MONTES J., 1981 – Contribución a la corología y ecología de algunos briófitos raros en la Península Ibérica. *Trab. Dep. Bot. Granada* 6 : 51-60.

GIL GARCÍA J.A. & CASTRO J., 1987 – Datos briofloristicos sobre el sector mariánico-monchiquense (Península Ibérica). *Acta Bot. Malacitana* 12 : 67-80.

MIGUEL A. de & EDERRA A., 1984 – Ensayo briosociológico y ecológico de la Foz de Arbayún (Navarra). *Anales Biol. Murcia* 2 : 257-264.

RIVAS-MARTÍNEZ S., 1985 – Biogeografía y Vegetación. Madrid : Reale Acad. Ci. Exact. Fis. Natur. 86 págs.

SCHULTZE-MOTEL W., 1970 – Monographie der Laubmoosgattung *Andreaea*. I. Die costaten Arten. *Willdenowia* 6 (1) : 25-110.

SERGIO C., 1980 – Sur la présence de *Mielichhoferia pontevedrensis* Luis. au Portugal. *Cryptogamie, Bryol. Lichénol.* 1 (1) : 91-94.

SERGIO C., SIM-SIM M., CASAS C., CROS R. & BRUGUÉS M., 1984 – A vegetaçao briológica das formaçoes calcáreas de Portugal. II. *Bol. Soc. Brot.*, Sér. 2, 57 : 275-357.

SERGIO C., 1987 – Perspectiva biogeográfica da flora briológica da Península Ibérica. VII Simp. Nac. Bot. Criptog., Libro Resúm. Madrid. págs. 223-225.

Cryptogamie, Bryol. Lichénol. 1988, 9 (4): 363-368

BIBLIOGRAPHIE BRYOLOGIQUE

D. LAMY[1]

Systématique, Nomenclature

88-354 GEISSLER P. - **Notulae bryofloristicae Helveticae.II.** *Candollea* 198 , 40(1): 193-200 (Conserv. & Jard. Bot., CP 60, CH-1292 Chambésy/GE).
Taxonomie, bibliogr., lectotypification de 2 *Anoectangium*, de *Dicranum scottianum* Turn., d'*Hygrohypnum molle* (Hedw.) Loeske, de *Trichostomum baurianum* Warnst. ex Herz. et d'esp. nouvelles décrites dans Lamarck et De Candolle, Flore Française, ed. 3.

88-355 HATTORI S. - **New Caledonian Frullaniaceae.** *J. Hattori Bot. Lab.* 1984, 57: 405-426, 7 fig., 1 tabl. (Hatt. Bot. Lab., 3888 Obi-Honmachi, Nichinan-shi, Miyazaki-ken 889-25, Japan).
34 esp. de *Frullania* et 2 esp. de *Schusterella* récoltées par Z. Iwatsuki et N. Kitagawa en Nouvelle-Calédonie en 1982. Taxons nouv. : *Frullania baladina* var. *edentata*, *F. blastopetala*, *F. cornuta* fo. *undulosa*, *F. ericoides* var. *planescens* (Verd.) c.n. (=*F. squarrosa* var.), *F. huerlimannii* var. *dioica*, *F. hypoleucula*, *F. inflexiloba*, *F. kitagawana*, *F. monocera* var. *depauperata*.

88-356 LOSADA-LIMA A. et VANDEN BERGHEN C. - ***Frullania dilatata* (L.) Dum. var. *elongata* var. nov. (Hepaticae).** *Vieraea* 1985, 15(1-2): 3-6, 2 fig. (Dept. Bot., Fac. Biol., Univ. La Laguna, Tenerife, Islas Canarias).
Diagn., descr., ill. de *Frullania dilatata* var. *elongata*, différente de la var. *dilatata* par morphologie des lobules foliaires et du périanthe.

88-357 SRIVASTAVA S.C. and SRIVASTAVA A. - **A new *Heteroscyphus* from Eastern Himalayas.** *Geophytology* 1986, 16(1): 129-132, 11 fig. (Dept. Bot., Univ. Lucknow, Lucknow 226007, India).
Diagn., descr., ill. d'*Heteroscyphus udarii* sp. nov. de l'Himalaya E.

88-358 UDAR R. and ASTHANA A.K. - **A new *Anthoceros* from Nagaland.** *J. Indian Bot. Soc.* 1985, 64: 303-305, 12 fig.
Diagn., descr., ill. de *Anthoceros pandei* sp. nov. de Mao (Nagaland).

88-359 UDAR R. and ASTHANA A.K. - ***Anthoceros bharadwajii* a new species from India.** *Proc. Indian Natl. Sci. Acad., B* 1985, 51(4): 483-489, 2 pl., 1 tabl.
Diagn., descr., ill. d'*Anthoceros bharadwajii* aff. d'*Anthoceros erectus*.

88-360 YUZAWA Y. - **Little known species of Latin American *Frullania* subgen. *Chonanthelia* (Hepaticae). 2.** *J. Hattori Bot. Lab.* 1984, 57: 391-403, fig. 8-14 (Yoshima High School, 25 Kamikawara, Kamiyoshima, Yoshima-machi, Iwaki-shi, Fukushima-ken 970-11,
Descr., ill. de *Frullania* subgen. *Chonanthelia* d'Amérique latine. Nouveaux

VOIR AUSSI: 88-365, 88-368, 88-376, 88-377, 88-39, 88-380, 88-392, 88-393, 88-397, 88-405, 88-406, 88-410.

[1] Laboratoire de Cryptogamie, 12 rue Buffon, F - 75005 PARIS

Morphologie, Anatomie

88-361 ANAND S., KUMAR S.S. - **A preliminary note on the spore studies of the West Himalayan mosses.** *Res. Bull. Panjab Univ.*, 1984, 35(1-2): 75-82, 43 fig. (Dept. Bot., Panjab Univ., Chandigarh-160014, India).

Taille et ornementation des spores de 31 esp. de mousses appartenant à 18 genres. La marque trilète a son origine dans la très lointaine histoire de l'évolution des mousses.

88-362 AWASTHI U.S. - **The genus *Leptolejeunea* (Spruce) Steph. in India.** *J. Indian Bot. Soc.* 1986, 65: 117-123, 44 fig.(Dept. Bot., Univ. Lucknow, Lucknow 226007, India).

Descr. et ill. de *Leptolejeunea balansae* , *L. subacuta*. Clé aux 5 esp. de *Leptolejeunea* présents en Inde.

88-363 MATSUYI T., DEGUCHI H. and SEPPELT R.D. - ***Ditrichum lineare* (Sw.) Lindb. with tubers in Asia.** *J. Jap. Bot.* 1985, 60(2): 33-39, 5 fig. (Dept. Biol., Fac. Sci., Kochi Univ., 780 Kochi, Japan).

88-364 SHAHEEN F. and SRIVASTAVA S.C. - ***Porella chinensis* (St.) Hatt. from India with remarkable capsule wall morphology.** *J. Indian Bot. Soc.* 1986, 65: 494-499, 30 fig. (Dept. Bot., Univ. Lucknow, Lucknow 226007, India).

88-365 SHAW J. and CRUM H. - **Peristome homology in *Mielichhoferia* and a taxonomic account of North American species.** *J. Hattori Bot. Lab.* 1984, 57: 363-381, 49 fig. (Univ. Herb. & Div. Biol. Sci., Univ. Michigan, Ann Arbor, MI 48109, USA).

Selon la structure du péristome (péristome double, ayant les dents de l'exostome plus ou moins bien développées et une membrane basale endostomiale délicate plus ou moins adhérente), 7 *Haplodontium* sont transférés dans le genre *Mielichhoferia* : *H. brachycladum*, *H. cuspidatum*, *H. fabroniodes*, *Leskea filiramea*, *H. herzogii*, *H. nitidum*, *H. pusillum* (*M. cardotii* nom. nov.). Descr. détaillée de *M. mielichhoferiana*, *M. macrocarpa*, *M. tehamensis* présents [redacted] Amérique du Nord. 4 *Mielichhoferia* sont exclus du genre.

88-366 SRIVASTAVA S.C. - ***Apometzgeria pubescens* from the Valley of Flowers.** *J. Indian Bot. Soc.* 1986, 65: 56-59, 7 fig. (Dept. Bot., Univ. Lucknow, Lucknow 226007, India).

88-367 SRIVASTAVA S.C. and SINGH P. - ***Jungermannia (Solenostoma) flagellaris* Amak. in India.** *Geophytology* 1986, 16(1): 252-254, 20 fig. (Ibidem).

Descr., ill. de *Jungermannia flagellaris* nouv. en Inde.

88-368 SRIVASTAVA S.C. and SRIVASTAVA A. - **Morpho-taxonomy of *Heteroscyphus argutus* (Nees) Schiffn. from India.** *Geophytology* 1986, 16(2): 255-257, 36 fig. (Ibidem).

88-369 UDAR R. and SRIVASTAVA G. - **Scanning electron microscopy of spores of *Targionia* and *Cyathodium* from India.** *J. Indian Bot. Soc.* 1983, 62: 434-436, 4 fig.

88-370 UDAR R. and AGARWAL A. - **The genus *Riccia* in Pachmarhi with SEM details of spores of two species.** *J. Indian Bot. Soc.* 1985, 64: 246-250, 23 fig.

88-371 UDAR R. and SHAHEEN F. - **The genus *Ceratolejeunea* in India.** *J. Indian Bot. Soc.* 1985, 64: 400-402, 26 fig.

Descr., ill. de *Ceratolejeunea singapurensis* trouvé à Kerala.

VOIR AUSSI: 88-356, 88-357, 88-358, 88-359, 88-360, 88-392, 88-393, 88-395, 88-396, 88-397, 88-405, 88-406, 88-409, 88-410.

Cytologie, Ultrastructure

88-372 APOSTOLAKOS P. and GALATIS B. - **Studies on the development of the air pores and air chambers of *Marchantia paleacea* II. Ultrastructure of the initial aperture formation with particular reference to cortical microtubule organizing**

centres. *Canad. J. Bot.* 1985, 63(4): 744-756, 33 fig. (Inst. Gen. Bot., Univ. Athens, GR-15701 Athens).

L'ouverture des espaces intercellulaires des pores initiaux serait le résultat d'un processus contrôlé: organisation, évolution du cytosquelette cortical des microtubules lors de la formation des pores. Il y a une fonction continue de centres d'organisation de microtubules corticaux dans le cytoplasme et/ou dans le plasmalemme avoisinant, d'abord sous la cavité de surface, et ensuite sous la partie inférieure des espaces intercellulaires en croissance où se forment des épaississement pariétaux.

88-373 INOUE S. - **Further karyological studies of some species of Thuidiaceae (Musci)** *J. Hattori Bot. Lab.* 1984, 57: 443-454, 2 tabl., 46 fig. (Dept. Biol., Fac. Sci., Kumamoto Univ., Kurokami-2-chome, Kumamoto-shi 860, Japan).

Nombre chromosomique et caryotype de 24 esp. de Thuidiaceae. n=11 pour toutes sauf pour *Rauiella fujisama* où n=12. 1° comptage pour 8 esp.

Physiologie, Chimie

88-374 ASAKAWA Y., TOYOTA M., BISCHLER H., CAMPBELL E.O. and HATTORI S. - **Comparative study of chemical constituents of *Marchantia* species.** *J. Hattori Bot. Lab.* 1984, 57: 383-389, 2 tabl., 2 fig. (Fac. Pharmac. Sci., Tokushima Bunri Univ., Tokushima 770, Japan).

Terpènes et composés aromatiques chez *Marchantia polymorpha* (France et Japon), *M. paleacea* var. *diptera* (Japon), *M. tosana* (Japon), *M. berteroana* (Nouv.-Zélande) et *M. foliacea* (Nouv.-Zélande).

88-375 JAYASWAL R.K. and JOHRI M.M. - **Occurence and biosynthesis of auxin in protonema of the moss *Funaria hygrometrica*.** *Phytochemistry* 1985, 24(6): 1211-1214, 3 tabl. (Molecular Biol., Tate Inst. Fund. Res., Bombay 400005, India).

Après avoir détecté la présence d'acide indolacétique et d'en avoir étudié la synthèse dans le protonéma de *Funaria hygrometrica*, les auteurs suggèrent une relation entre l'accumulation de cette auxine et la différenciation du caulonéma.

88-376 SHARMA Y.K. and PATHANIA R.S. - **Phenolic and sugar variations in some species of the genus *Porella* (Porellineae) and its application to their systematics.** *Res. Bull. Panjab Univ.* 1984, 35(3-4): 123-126, 21 fig. (Dept. Bot., Panjab Univ., Chandigarh 160014, India)

VOIR AUSSI: 88-389.

Génétique

88-377 KRZAKOWA M. and BISCHLER H. - **Peroxidase variation in *Marchantia polymorpha* : a preliminary report.** *Symp. Biol. Hung.* 1987, 35: 551-554, 1 fig. (Dept. Genetics, A. Mickiewicz Univ., Dabrowskiego 165, 60-594 Poznań, Poland).

88-378 ODRZYKOSKI I.J. - **Genetic evidence for reproductive isolation between two European "forms" of *Conocephalum conicum*.** *Symp. Biol. Hung.* 1987, 35: 577-587, 2 fig. (Dept. Genetics, A. Mickiewicz Univ., Dabrowskiego 165, 60-594 Poznań, Poland).

88-379 SHAW J. - **Growth form variation within and between populations of *Climacium americanum* Brid.** *Symp. Biol. Hung.* 1987, 35: 555-567, 2 tabl., 17 fig. (Dept. Bot., Duke Univ., Durham, North Carolina 27706, USA).

11 caractères structurels présentent des différences significatives entre différentes populations de *Climacium americanum*.

88-380 WYATT R., ODRZYKOSKI I.J. and STONEBURNER A. - **Electrophoretically detectable genetic variation in *Plagiomnium ciliare* : a preliminary report.** *Symp. Biol. Hung.* 1987, 35: 589-602, 3 tabl., 1 fig. (Dept. Bot., Univ. Georgia, Athens, Georgia 30602, USA).

Répartition, Ecologie, Sociologie

88-381 BAUDOIN R., BISCHLER H. et HÉBRARD J.P. - **Les hépatiques et la pinède méditerranéenne de *Pinus halepensis* Miller.***Symp. Biol. Hung.* 1987, 35: 389-404, 1 tabl., 6 fig. (M.N.H.N., Lab. Cryptogamie, 12 rue Buffon,F-75005 Paris).

La flore hépaticologique des pinèdes de *Pinus halepensis* est hétérogène. Seuls deux taxons sont liés à ces pinèdes. Toutes les esp. appartiennent aux hépatiques méditerranéennes les plus communes et les plus tolérantes. Descr. de 4 groupes écologiques non liés à la communauté de *Pinus halepensis*.

88-382 CASAS C. - ***Rhodobryum ontariense* (Kindb.) Kindb. a Catalunya.** *Orsis* 1985, 1: 3-7, 3 fig. (Dept. Bot., Fac. Ci., Univ. Autònoma, Bellaterra (Barcelona), España).

La révision des *Rhodobryum roseum* de l'herb. de Barcelone permet d'affirmer la présence de *Rhodobryum ontariense* en Catalogne. Distribution.

88-383 CASAS C., LLORET F. i PÉREZ R. - **Addicions a la brioflora del Montseny.** *Orsis* 1985, 1: 9-12 (Ibidem).

Liste de 32 bryophytes, avec loc., nouv. pour Montseny (Espagne NE).

88-384 CASAS C., CROS R.M., BRUGUÉS M., SÉRGIO C. i SIM-SIM M. - **Estudi de la brioflora dels Ports de Beseit.** *Orsis* 1985, 1: 13-31, 3 fig. (Ibidem).

Liste de 186 bryophytes des aires calcaires montagneuses de Ports de Beseits. Données écologiques.

88-385 CASAS C. y PUCHE F. - **Contribución a la brioflora de la Sierra Palomita (Teruel).***Orsis* 1985, 1: 33-41, 2 fig. (Ibidem).

Liste avec loc. de 133 bryophytes de la Sierra Palomita. *Seligeria calcarea* est nouv. pour la Péninsule Ibérique. Cert. taxons sont nouv. pour la province de Teruel.

88-386 CRANDALL-STOTLER B. and RENZAGLIA K.S. - **Liverworts and hornworts of Garden of the Gods, Shawnee National Forest, Saline County, Illinois.** *Trans. Illinois Acad. Sci.* 1984, 77(1-2): 45-50 (Dept. Bot., Southern IUllinois Univ.-Carbondale, Carbondale, IL 62901, USA).

38 hépatiques et 2 anthocérotes avec loc. *Lophozia bicrenata* nouv. pour l'Illinois.

88-387 DIA M.G. - **Briocenosi dell'*Hedwigion ciliatae* Philippi 1956 rilevata in Sicilia.***Inform. Bot. Ital. (Boll. Soc. Bot. Ital.)* '1983' 1985, 15(2-3): 172-173 (Ambientali & Architett. Sicilia occid., Palermo, Italia).

88-388 EGUNYOMI A. and VITAL D.M. - **Comparative studies on the bryofloras of the Nigerian savanna and the Brasilian cerrado.** *Revista Brasil. Bot.* 1984, 7(2): 129-136, 3 tabl.

Peu d'esp. communes entre la savanne nigérienne et le cerrado brésilien.

88-389 GLIME J.M. - **Temperature optima of *Fontinalis novae-angliae*: Implications for its distribution.***Symp. Biol. Hung.* 1987, 35: 569-576, 3 fig. (Dept. Biol. Sci., Michigan Technol. Univ., Houghton, Michigan 49931, USA).

88-390 JEDRZEJKO K., CABALA S. - **Charakterystyka ekologiczna brioflory podgórskiego boru trzcinnikowego *Calamagrostio villosae-Pinetum* Staszk. 1958 w poludniowej Polsce.** *Acta Biol. T.H. Katowice, Prace Naukowe Univ. Slaskiego* 1983, 541: 205-226, 3 fig., en polonais, rés. angl. et russe (Silesian Med. Akad., Dept. Pharm. Bot., 41-200 Sosnowiec, Ul. Jagiellonska 4, Poland).

88-391 LLORET F. - **La vegetación briofítica rupícola en relación con los gradientes altitudinal e hígrico en el Montseny (Barcelona).***Orsis* 1986, 2: 55-70, 7 fig., 5 tabl. (Dept. Bot., Fac. Ci., Univ. Autònoma, Bellaterra (Barcelona), España).

Distribution de 20 bryophytes rupicoles en fonction de l'altitude et de l'humidité à Montseny. L'accroissement de la richesse floristique est lié à un haut niveau d'humidité et une basse altitude. Relations avec les types forestiers.

88-392 MATTERI C.M. - **Sobre *Bartramia stricta* (Bartramiaceae, Musci) en la region Andino-patagonica.** *Bol. Soc. Arg. Bot.* 1983, 22: 131-141, 3 fig. (Mus. Arg. Ci. Nat. Bernardino Rivadavia, Buenos Aires, Argentina).

Nouv. syn., descr., distr. de *Batramia stricta*.

88-393 MATTERI C.M. - **Sinopsis de las especies andino-patagonicas, antarcticas y subantarcticas de los generos *Bartramia*, *Bartramidula* y *Conostomum* (Bartramiaceae, Musci)** *Darwiniana* 1984, 25: 143-162, 6 pl. (Ibidem).

Clés aux Bartramiaceae (5 *Bartramia* ,1 *Bartramidula*, 3 *Conostomum*. Taxon., descr., ill. distr. des taxons. *Bartramia patens* var. *robusta* (Hook. f. et Wils.) comb. nouv. (= *Bartramia r.*).

88-394 MALME L. - **Distribution of bryophytes on Fuerteventura and Lanzarote, the Canary Islands.** *Sommerfeltia* 1988, 7: 1-54, 48 fig., 3 tabl. (Skrabben 1c, N-0682 Oslo 6).

Ecologie, phytogéographie et nomenclature des bryophytes des Canaries. 40 mousses et 26 hépatiques sont nouv. pour Fuerteventura et 15 mousses et 9 hépatiques pour Lanzarote dont *Gigaspermum mouretii* nouv. pour la Macaronésie. Liste avec loc. et réf. bibliogr. de 65 mousses et 26 hépatiques de Fuerteventura, et 73 mousses et 35 hépatiques de Lanzarote.

88-395 MILLER H.A. - **Pacific bryophytes: *Psiloclada* in Southern Melanesia.** *Phytologia* 1985, 57(2): 87-90, fig. (Dept. Biol. Sci., Univ. Central Florida, Orlando, Florida 32816, USA).

Descr. de *Psiloclada unguligera* nouv.pour les Vanuatu, présent aussi en Nouvelle-Calédonie et aux Fiji.

88-396 MILLER H.A. - **Pacific bryophytes: 2. *Arachniopsis* in Southern Melanesia.** *Phytologia* 1985, 57(2): 91-94, fig. (Ibidem).

Descr., ill. d'*Arachniopsis major* réc. aux Vanuatu.

88-397 OCHYRA R. and BELL B.G. - **A record of *Schistidium falcatum* (Bryophyta: Musci) from the Antarctic.** *Brit. Antarct. Surv. Bull.* 1984, 64: 77-79 (Inst. Bot., Polska Akad. Nauk, ul. Lubicz 46, 31-512 Kraków, Poland).

Descr., nomencl., habitat, distr. de *Schistidium falcatum* récolté à King George Isl., nouv. pour l'Antarctique.

88-398 OCHYRA R. - **Roślinność lejków krasowych w okolicach Staszowa na owyzynie Malopolskiej (Vegetation of the karst sink-holes in the vicinity of Staszow on the Malopolska upland).** *Monogr. Bot.* 1985, 66: 1-136, 36 tabl., 26 fig., en polonais, rés. angl. (Ibidem).

40 relevés permettent de décrire les assoc. de cette région. Bryophytes associés.

88-399 ORBAN S. - **The use of bryophytes for ecological comparison of vegetational units and of habitats.** *Symb. Biol. Hung.* 1987, 35: 379-388, 4 tabl., 4 fig. (Ho-Si-Minh Teacher's Training College, H-3300 Eger).

88-400 PIIPPO S., KOPONEN T. and NORRIS D.H. - **Endemism of the bryophyte flora in New Guinea.** *Symp. Biol. Hung.* 1987, 35: 361-372, 2 appendices, 2 tabl. (Bot. Mus., Univ. Helsinki, Unioninkatu 44, SF-00170 Helsinki 17).

48% des esp. d'hépatiques et 23% des mousses de Nouvelle-Guinée sont endémiques. La plus part proviennent de 1500-3000 m; écologie.

88-401 SOTIAUX A. et BRUYNSEELS G. - **Le parc Solvay à La Hulpe. Etudes des bryophytes (mousses et hépatiques).** *Naturalistes belges* 1985, 66(3-4): 81-88, 1 fig. (Chaussée de Bruxelles 676, B-1410 Waterloo).

Données bryoécologiques, liste des taxons.

88-402 TIXIER P. - **Mousses du Sahel, écologie et bryogéographie.** *Compt. Rend. Somm. Séances Soc. Biogéogr.* 1984, 60(3): 131-134, 1 fig. (M.N.H.N., Lab. Cryptogamie, 12 rue Buffon, F-75005 Paris).

88-403 VAN ZANTEN B.O. - **Possibilities of long-range dispersal in bryophytes with special reference to the Southern Hemisphere.** *Sonderbd. Naturwiss. Vereines Hamburg* 1983, 7: 49-64, 3 tabl., 4 graph. (Biolog. Centre, Dept. Syst. Bot., P.O. Box 14, NL-9750 AA Haren).

Le transport aérien sur longue distance est possible pour les spores de diamètre infér. à 25 µm. Théorie de la tectonique des plaques, dérive des continents, résistance des spores à la dessiccation pour expliquer la dispersion sur longue distance.

88-404 ZOLOMI B. - **Buntflechten-Moos und Lebermoos Synusien.** *Symb. Biol. Hung.* 1987, 35: 375-378 (Ökol. & Bot. Vorschungsinst., Ungar. Akad. Wiss., H-2163 Vacratot).

Descr. des synusies bryolichéniques de 5 communautés de plantes en Hongrie.

VOIR AUSSI: 88-355, 88-357, 88-358, 88-359, 88-360, 88-362, 88-365, 88-367, 88-371, 88-405, 88-406, 88-407, 88-408, 88-409, 88-410, 88-427.

Paléobryologie

88-405 GROLLE R. - **Zwei wetere Lebermoose in Bernstein aus Bitterfeld (DDR).** *Feddes Repert.* 1985, 96(1-2): 41-46, 1 fig., pl. 1-3 (Sekt. Biol., Friedrich-Schiller-Univ., DDR-69 Jena).

Descr. ill. de *Calypogeia stenzeliana* et *Radula bitterfeldensis* esp. nouv. de l'Ambre de Bitterfeld (Miocène). Clé aux *Radula* de l'ambre.

88-406 HOCHULI P.A. and GRONER U. - **Heerisporites, a new spore-genus of possible Riellacean affinity.** *Rev. Palaeobot. Palynol.* 1985, 44(3-4): 26275, 6 pl., 1 tabl. (ESSO EPR-E, 213 cours Victor-Hugo, F-33321 Bègles).

Descr., ill. d'*Heerisporites variabilis* gen. et sp. nov. du Micocène (Molasse supérieure marine, Suisse N). Microspore alète affine de *Riella*. Lithologie et interprétation écologique de l'assemblage sporomorphique contenant ce nouveau genre.

88-407 MILLER N.G. - **Late quaternary fossil moss floras of Eastern North America: evidence of major floristic changes during the late Pleistocene-early Holocene transition.** *Symp. Biol. Hung.* 1987, 35: 343-360, 1 fig., 2 tabl. (Biol. Survey, New York State Mus., Albany, New York 12230, USA).

Changement floristique par perte de calcicoles, élimination des éléments arctiques et arctico-alpins, et augmentation des mousses calcifuges de la zone tempérée Nord.

Guides, Ouvrages généraux

88-408 FAVREAU M. and BRASSARD G. - **Catalogue bibliographique des bryophytes du Québec et du Labrador.** *Memorial Univ. Newfoundland, Occas. Pap. Biol.* 1988, 12: 1-114 p. (Dept. Biol., Memorial Univ. Newfoundland St Jean, Terre-Neuve, Canada A1B 3X9).

Liste de 3 anthocérotes, 122 hépatiques et 665 mousses avec répartition dans les 23 régions du Québec et les 5 du Labrador; renvois bibliogr. Bibliographie de 350 réf. à jour en 1988.

88-409 IRELAND R.R. and BELLOLIO-TRUCCO G. - **Illustrated guide to some hornworts, liverworts and mosses of Eastern Canada.** *Syllogeus* 1987, 62: 1-205, 129 fig. (Bot. Div., Natl. Mus. Nat. Sci., Natl. Mus. Canada, Ottawa, Ontario K1A OM8, Canada).

Cycle, structure, récolte, identification, clé, hab. et distr. de 2 anthocérotes, 79 hépatiques et 154 mousses présentes de Terre-Neuve au Mannitoba S. Illustration et glossaire par L.M. Ley. Index.

88-410 NYHOLM E. - **Illustrated Flora of Nordic Mosses. Fasc. 1. Fissidentaceae-Seligeriaceae.** Stockholm : Lindbergia, 1986, 72 p., 48 fig.

Avec ce premier fasc., *Lindbergia* commence la réédition de 'Illustrated moss flora of Fennoscandia', incluant dans l'aire étudiée l'Islande, Jan Mayen et Svalbard. Glossaire illustré de 4 p. Clé aux esp. par genres, syn., descr., ill., distr., notes pour chaque esp. Les illustrations ont [redacted] grisé peu heureux, et un légendage pas très commode d'utilisation. Les nouveautés taxonomiques ne sont pas clairement mises en évidence. Fissidentaceae, Bryoxiphiaceae, Ditrichaceae, Archidiaceae, Dicranaceae et Seligeriaceae pour ce premier fasc.

Cryptogamie, Bryol. Lichénol. 1988, 9 (4): 369-373

BIBLIOGRAPHIE LICHENOLOGIQUE

D. LAMY[1]

Systematique, Nomenclature

88-411 AWASTHI G. and AWASTHI D.D. - **Lichen genera *Alectoria*, *Bryoria* and *Sulcaria* from India and Nepal.** *Candollea* 1985, 40(1): 305-320, 19 fig. (Dept. Bot., Lucknow Univ., Lucknow, India).

Morphol., taxonom. de 1 *Alectoria* Ach. s.str., 14 *Bryoria* Brodo et Hawksw. et de 2 *Sulcaria* Bystr. des régions himalayennes de l'Inde et du Népal. Diagn., descr., ill. de *Bryoria levis* , *B. nepalaensis* esp. nouv.

88-412 MAYRHOFER H. - **Monographie des Flechtengattung *Thelenella*.** *Biblioth. Lichenol.* 1987, 26: 1-106, 58 fig. (Inst. Bot., Karl-Franzens-Univ. Graz, Holteigasse 6, A-8010 Graz).

Morphol., position taxonom. et distr. du genre *Thelenella* Nyl. (=*Microglaena* Koerb. s.str.), appartenant aux Thelenellaceae fam. nov. (incl. *Chromatochlamys*, *Julella*). Clé aux 17 esp. reconnues dans le monde. Le genre est divisé en 2 sections basées sur l'absence ou la présence d'un involucrellum ouvert. Taxonom., distr., descr., ill. des ascospores de chaque taxon. Nouv. syn. Diagn. de *T. fusispora* de Tanzanie, *T. harrisii* de Californie et d'Australie, *T. weberi* des îles face à la côte ouest des Etats-Unis. Nouv. comb.: *T. fernandeziana* (Zahlbr.) (=*Microglaena*), *T. hassei* (Zahlbr.) (= *Microgl.*), *T. inductula* (Nyl.) (= *Verrucaria*), *T. kerguelena* (Nyl.) (=*Verr.*), *T. luridella* (Nyl.)(=*Verr.*), *T. marginata* (Groenl.) (=*Microgl.*), *T. sordidula* (Th.Fr.) (=*Microgl.*). 7 taxons de *Microglaena* sont exclus. *Verrucaria albolinitum* Nyl. et *Thelenella obtectum*

88-413 MAYRHOFER M. - **Studien über die saxicolen Arten der Flechtengattung *Lecania* in Europa. II. *Lecania* s.str.** *Biblioth. Lichenol.* 1988, 28: 133 p., 35 fig. (Ibidem).

Clé d'identification des 19 esp. saxicoles de *Lecania* d'Europe; caractéristiques des spores, paraphyses, épiphyménium et cortex du thalle des taxons; synonymes; division en 3 groupes: groupe *Lecania erysibe* à spores bicellulaires, groupe *L. suavis* à spores 4 (ou +) cellulaires, et le groupe *L. polycycla* avec un epihymenium différent. Descr., ill. et distr. des esp. Nouv. comb.: *L. coeruleorubella* (Mudd) (=*Lecania coerulescens* var.), *L. insularis* (Hepp ex Arnold) (=*Biatorina*). 19 esp. sont transférés dans les genres *Arthonia*, *Caloplaca*, *Catillaria*, *Halecania*, *Lecanora*, *Lecidea* s. str. et *Protoparmelia*. 7 esp. n'ont pas été étudiées faute de matériel. Index, bibliogr.

88-414 RUOSS E. and AHTI T. - **Die Renntierflechten (*Cladonia* subg. *Cladina*) im Herbarium Wallroth, Strassburg.** *Nova Hedwigia* 1985, 41: 147-158, 2 fig. (Syst. Géobot. Inst., Univ. Bern, Altenbergrain 21, CH-3013 Bern).

Etude morph. et chim. des *Cladonia* subgen. *Cladina* placés dans le genre *Patellaria* dans l'herbier F.W. Wallroth, Strasbourg. Lectotypification de *Cladonia arbuscula* (Wallr.) Flot. et de *C. squarrosa* (Wallr.) Flot. Prés. d'ac. psoromique dans le lectotype de *C. a.*, alors que *C. a.* selon le concept courant contient de l'ac. fumarprotocétrarique. Valeur taxonomique des chémotypes. Le matériel placé dans *Patellaria sylvatica* appartient à *C. arbuscula*, *C. rangiferina* et *C. mitis*, celui dans *P. rangiferina* à *C. arbuscula* et à *C. rangiferina*.

88-415 SCHEIDEGGER C. - **Systematische Studien zur Krustenflechte *Anzina carneonivea* (Trapeliaceae, Lecanorales).** *Nova Hedwigia* 1985, 41: 191-218, 1 tabl., 21 + 3 fig.

L'algue phycobionte est *Asterochloris phycobiontica*. Structure et ontogénie des fructifications, des pycnides et des asques. *Anzina carneonivea* est considéré comme une

[1]Laboratoire de Cryptogamie, 12 rue Buffon, F - 75005 PARIS

Trapeliaceae. Distr., taxonom. d'*Anzina carneonivea* (var. *carneonivea* (var.*tauriscorum* (Zahlbr.) Erichs. syn. nov.) et var. *tetraspora* var. nov. d'Autriche).

88-416 SINGH A. - **Two new species of the lichens genus *Anthracothecium* from India.** *Indian J. BioRes.* 1985, 1(1): 82-85, 3 fig. (Cryptog. Bot. Div., Natl. Bot. Res. Inst., Lucknow 226001 India).

Diagn., descr., ill. d'*Anthracothecium awasthii* et d'*A. indicum*.

88-417 SINGH A. and UPRETI D.K. - **Lichen genus *Pleurotheliospsis* from the Indian subcontinent.** *Geophytology* 1986, 16(1): 261-263, 2 fig. (Ibidem).

Diagn., descr., ill., distinction de *Pleurotheliopsis andamanensis* et de *P. ceylonensis* esp. nouv. d'Andaman et de Ceylan.

88-418 STEVENS G.N. and KASHIWADANI H. - **Synonymy of *Ramalina intermediella* Vain. with *R. peruviana* Ach.** *J. Jap. Bot.*, 1987, 62(12): 373-376 (Dept. Bot., Univ. Queensland, St Lucia, Queensland, Australia 4067).

88-419 VITIKAINEN O. and BRODO I.M. - **Proposal to reject *Lichen subfuscus* L. (Lichenized fungi).** *Taxon* 1985, 34(3): 533-534 (Bot. Mus., Univ. Helsinki, Unioninkatu 44, SF-00170 Helsinki).

Proposition de rejeter *Lichen subfuscus* L. nom ambigu en vertu de l'Art. 69.1., au profit de *Lecanora allophana*, bien délimité.

VOIR AUSSI: 88-430, 88-432, 88-445.

Morphologie, Anatomie

88-420 UPRETI D.K. - **Studies on the lichen genus *Baeomyces* from India.** *Geophytology* 1985, 15(2): 159-163, 1 pl., 1 fig. (Cryptog. Bot. Sect., Natl. Bot. Res. Inst., Lucknow 226001, India).

Descr., ill. de 4 *Baeomyces* d'Inde, dont *B. sorediifera* nouv. pour la région.

VOIR AUSSI: 88-411, 88-412, 88-413, 88-414, 88-415, 88-416, 88-417, 88-429, 88-430.

Physiologie, Chimie

88-421 FIELDS R.D. and StClair L.L. - **A comparison of methods for evaluating SO_2 impact on selected lichens species: *Parmelia chlorochroa*, *Collema polycarpon* and *Lecanora muralis*.** *Bryologist* "1984"1985, 87(4): 297-301, [redacted] tabl. (Dept. Bot. & Range Sci., Brigham Young Univ., Provo, UT 84602, USA).

88-422 HUEBERT D.B., L'HIRONDELLE S.J. and ADDISON P.A. - **The effects of sulphur dioxide on net CO_2 assimilation in the lichen *Evernia mesomorpha* Nyl.** *New Phytol.*, 1985, 100(4): 643-651, 2 tabl., 2 fig. (Canad. Forestr. Serv., Northern Res. Centre, 5320-122 St., Edmonton, Alberta, Canada).

Influence de la quantité de SO_2 et du temps de fumigation sur l'assimilation nette. Relations avec les zones industrielles et la survie du lichen.

88-423 KARAGATZIDES J.D., LEWIS M.C. and SCHULMAN H.M. - **Nitrogen fixation in the high arctic tundra at Sarcpa Lake, Northwest Territories.** *Canad. J. Bot.* 1985, 63(5): 974-979, 2 fig., 4 tabl. (Dept. Geogr., York Univ., 4700 Keeler Street, Downsview, Ont., Canada M3J 1P3).

Les légumineuses fournissent un apport important à la fixation biologique de l'azote dans la région du lac Sarcpa. La contribution des lichens et des algues bleues libres est négligeable.

VOIR AUSSI: 99-414, 88-430.

Répartition, Ecologie, Sociologie

88-424 BOISSIERE J.C. - **Compte-rendu de l'excursion lichénologique du 17 mars 1985.** *Bull. Assoc. Naturalistes Vallée Loing Massif Fontainebleau* 1985, 61(3): 195-204, fig. (Univ. Paris VI, Lab. Biol. vég., Route de la Tour Dénécourt, F-77300 Fontainebleau).

88-425 CHACON S. y GUZMAN G. - **Nuevas observaciones sobre los hongos, líquenes y mixomicetos de Chiapas.** *Bol. Soc. Mex. Micol.* "1984"1985, 19: 245-251, 1 tabl. (Secc. Micol., Inst. Nac. Investig. Rec. Bioticos, Apartado Postal 63, Xalapa, Ver. Mexico).

Liste de 43 champignons, 1 lichen et 2 myxomycètes. *Coenogonium linkii* est nouv. pour Chiapas.

88-426 EGEA J.M., HERNÁNDEZ-PADRON C. y LLIMONA X. - **Aportación al conocimiento de las comunidades de líquenes saxícolas de los Picos inferiores de Tenerife (Canarias).** *Butll. Inst. Cat. Hist. Nat.* 1987, 54(Sec. Bot. 6): 37-53, 7 tabl. (Dept. Biol. veg., Fac. Biol., Univ. Murcia, Campus de Espinardo, E-30071 Murcia).

Liste de 95 lichens de Tenerife avec loc. Descr. de 9 communautés lichéniques.

88-427 ENGELSKJON T. - **Botany of Bouvetøya, South Atlantic Ocean.II. The terrestrial vegetation of Bouvetøya.** *Polar Research* n.s., 1987, 5: 129-163, 17 tabl., 8 fig., 20 cartes (Bot. Gard. & Mus., Univ. Oslo, Trondheimsveien 23 B, N-0560 Oslo 5).

Climat, végétation, communautés de plantes, distr. des esp. dans l'île de Bouvetøya. On y trouve 2 hépatiques, 7 mousses, 16 lichens et 1 chlorophyte.

88-428 ESSEEN P.A. - **Litterfall of epiphytic macrolichens in two old *Picea abies* forests in Sweden.** *Canad. J. Bot.* 1985, 63(5): 980-987, 7 fig., 4 tabl. (Dept. Ecol. Bot., Univ. Umeå, S-901-87 Umeå).

Suivi, pendant 3 ans, des variations saisonnières et annuelles de la chute des lichens épiphytes de vieux *Picea abies*. Dissémination des lichens et leur remplacement sur le site.

88-429 ESSLINGER T.L. - **Studies in the lichen family Physciaceae. VI. Two species new to North America.** *Mycotaxon* 1985, 23: 219-222, 1 fig. (Dept. Bot., North Dakota State Univ., Fargo, North Dakota 58105, USA).

Descr., distr. de *Phaeophyscia insignis* et *Physconia kurokawe* nouv. pour les USA.

88-430 FOLLMANN G. und SÁNCHEZ-PINTO L. - **Zur Kenntnis der Flechtenflora und Flechtenvegetation der Kapverdischen Inseln III. Neue Flechtenfunde und ihre Bedeutung für die Floren- und Vegetationsgeschichte.** *Courier Forsch.-Inst. Senckenberg* 1987, 95: 175-188, 4 fig., 2 tabl. (Bot. Inst., Univ. Köln, Gyrhofstrasse 15, D-5000 Köln 41).

Chorologie, écologie, taxon. de 41 lichens nouv. pour les îles du Cap Vert. *Lepraria latebrarum* nouv. pour la Macaronésie. Prédominance des éléments tropicaux. Présence d'ac. lécanorique et de roccanine chez *Roccella tuberculata*. Noter *Roccella vicentina* (Vain.) comb. stat. nov. (=*R. canariensis* var.).

88-431 HERNÁNDEZ PADRÓN C.E. - **Flora y vegetación liquenica epifita de los Sabinares Herrenos.** *Biblioth. Lichenol.* 1987, 27: 1-340, 112 fig., 10 tabl., 14 pl. (dont cert. en coul.) (Dept. Bot., Fac. Biol. & Farmacia, Univ. La Laguna, La Laguna, Tenerife, Canaries).

Historique des recherches lichéniques dans l'île Hierro. Données géogr., écol., édaph., climat. et florist. de l'île. Descr. des communautés lichéniques, distr. vert. et horiz. des esp. Clé aux genres et esp. Catalogue de 100 esp. avec descr., écol., distr., ill. 19 sont nouv. pour Hierro, 13 pour l'Archipel des Canaries. Noter 2 communautés nouv.: *Ramalinetum hierrensis*, *Teloschistetum flaviccantis tornabenietosum atlanticae*. Bibliogr. de 11 p. et index taxonom.

88-432 HERNÁNDEZ-PADRÓN C., SÁNCHEZ-PINTO L. und FOLLMANN G. - **Zur Kenntnis der Flechtenflora und Flechtenvegetation der Kanarischen Inseln. VII. Arealtypen und Verbreitungsmuster einiger Neufunde.** *Courier Forsch.-Inst. Senckenberg* 1987, 95: 189-199, 2 tabl. (Ibidem).

Liste de 31 lichens nouv. pour les Iles Canaries avec taxon., chorol. et écol. 9 sont nouv. pour la Macaronésie. Produits secondaires des taxons. Prédominance des esp. atlantico-méditerranéennes.

88-433 HÜBSCHEN J. und JOHN V. - **Notizen zur Verbreitung epiphytischer Flechten im Sauerland.** *Natur & Heimat* 1987, 47(3): 105-116, 3 tabl., 3 fig. (Weierter Str. 13, D-5206 Neumkirschen-Seelscheid 2).

88-434 JOHN V. - **Das Flechtenherbarium von Robert STOFFEL im Pfalzmuseum für Naturkunde in Bad Dürkheim.** *Mitt. Pollichia* 1984, 72: 277-285, 4 fig. (Pfalzmus. Naturk., Hermann-Schäfer-Str. 17, D-6702 Bad-Dürkheim 2).

Dans les années 1920, Robert Stoffel a récolté autour de Kaiserlautern 86 éch. de lichens, soit 68 esp. Ils sont déposés au Mus. Hist. Nat. du Palatinat à Bad-Dürkheim.

88-435 JOHN V. - **Rasterkartierung der Flechten in Rheinland-Pfalz. Neue Regionalstelle im Pfalzmuseum für Naturkunde, Bad Dürkheim.***Pfälzer Heimat* 1984, 35(4): 173-174, 1 fig. (Ibidem).

88-436 JOHN V. und GUTMANN F. - **Notiz zu Klima, Luftverschmutzung und Flechten in Frankenthal.** *Pfälzer Heimat* 1985, 36(4): 169-171, 2 fig., 1 tabl. (Ibidem).

88-437 JOHN V. - **Verbreitungstypen von Flechten im Saarland - eine Orientierungshilfe für die Raumbewertung.** *Abh. Delattinia* 1986, 15: 1-170, 104 fig., 8 tabl. (Ibidem).

Données géol., climat., florist. du Saarland. Définition de 22 types de distr. des lichens selon habitat et exigences écol. Liste de 400 taxons avec hab. et notes écol. Liste des lichens menacés.

88-438 JOHN V. - **Tote Bäume und lebende Flechten - ein Phänomen der neuartigen Waldschäden.** *Allg. Forst Zeitschr.* 1986, 1-2 (Ibidem).

88-439 JOHN V. - **Bestand und Gefährdung der Flechten in Rheinland-Pfalz.** *Beitr. Landespflege Rheinland-Pfalz* 1987, 11: 195-208, 29 fig. (Ibidem).

Liste de 843 champignons lichénisés et lichénicoles du Rheinland-Pfalz. Distr. de certains taxons, évolution de la flore lichénique depuis 1900.

88-440 KONDRATYUK S.Ya., BLYUM O.B. - **Lichen species new and rare for lichenoflora of the Ukrainan SSR.** *Ukrajins'k. Bot. Žurn.* 1985, 42(4): 67-70, en ukrainien, rés. angl. (Inst. Bot., M.G. Kolodnogo AN URSR, Kiev, USSR).

Liste de 14 lichens de la plaine du Dniepr. *Caloplaca congrediens*, *Strangospora moriformis* et *Leptorhaphis parameca* f. *amydgali* nouv. pour l'Ukraine.

88-441 KRISTENSSON H. - **The lichen flora of the outer Hvalfjördur area in West Iceland.** *Acta Bot. Island.* 1985, 8: 31-50, 2 fig. (Liffraeoistofnun Háskólans, Grensásvegi 12, Reykjavik, Iceland).

Liste de 100 esp. de lichens foliacés et fruticuleux d'Islande W avec loc.

88-442 LAMBINON J. et SERUSIAUX E. - **Le genre *Stereocaulon* Hoffm. (Lichens) en Belgique et dans les régions voisines.** *Bull. Soc. Roy. Bot. Belgique* 1985, 118(1): 79-92, 6 fig. (Dept. Bot., Univ. Liège, Sart Tilman, B-4000 Liège).

Clé, distr. et écol. des 8 *Stereocaulon* connus en Belgique.

88-443 McCARTHY P.M. - **The lichens of Inishbofin, Co Galway.** *Irish Naturalist's J.* 1988, 22(9): 403-407 (Dept. Bot., Univ. College, Galway, Ireland).

Liste de 187 lichens d'Inishbofin, avec loc.

88-444 PUEYO G. - **Conditions climatiques d'une station lichénique de la côte basque (suite).***Bull. Centre Etud. Rech. Sci. Biarritz* "1983"1985, 14(3-4): 295-306, 5 tabl. (Lab. Mus., Centr. Et. Rech. Sci. Biarritz, Biarritz, France).

VOIR AUSSI: 88-404, 88-411, 88-412, 88-413, 88-415, 88-417, 88-420, 88-449.

Guides, Ouvrages généraux

88-445 NOBLE W.J., AHTI T., OTTO G.F. and BRODO I.M. - **A second checklist and bibliography of the lichens and allied fungi of British Columbia.** *Syllogeus* 1987, 61: 1-95, 1 fig., 1 tabl. (Box 512, Ucluelet, B.C. V0R 3A0, Canada).

Liste de 1013 esp. et 53 taxons infraspécifiques de lichens et champignons lichénicoles de la Colombie britannique, avec syn. 300 réf. bibliogr.

INFORMATIONS

Ouvrages récents

FAVREAU M. and BRASSARD G. - **Catalogue bibliographique des bryophytes du Québec et du Labrador.** *Memorial Univ. Newfoundland Occas. Pap. Biol.* 1988, 12, 114 p. (ISSN 0702-007, Dept. Biol., Memorial Univ. Newfoundland St Jean, Terre-Neuve, Canada A1B 3X9, prix: $ 5.50).

HERNÁNDEZ PADRÓN C.E. - **Flora y vegetación liquenica epifita de los Sabinares Herrenos.** *Bibliotheca lichenologica* 1987, 27, 340 p., ill. (ISBN 3-443-58006-8, J. Cramer c/o G. Borntraeger Verlagsbuchhandl., Johannesstrasse 3A, D-7000 Stuttgart 1, prix: DM 140.-).

IRELAND R.R. and BELLOLIO-TRUCCO G. - **Illustrated guide to some hornworts, liverworts and mosses of Eastern Canada.** *Syllogeus* 1987, 62, 205 p., ill. (ISSN 0704-576X, Natl. Mus. Nat. Sci., Natl. Mus. Canada, Ottawa, Ontario K1A 0M8, Canada).

MALME L. - **Distribution of bryophytes on Fuerteventura and Lanzarote, the Canary Islands.** *Sommerfeltia* 1988, 7, 54 p., ill. (ISSN 0800-6865, Botanical Garden & Museum, Univ. Oslo, Trondheimsveien 23B, N-0562 Oslo 5, prix: NOK 60).

MAYRHOFER M. - **Monographie der Flechtengattung *Thelenella*.** *Bibliotheca lichenologica* 1987, 26, 106 p., ill. (ISBN 3-443-58005-X, J. Cramer c/o G. Borntraeger Verlagsbuchandl., Johannesstrasse 3A, D-7000 Stuttgart 1, prix: DM 60.-).

MAYRHOFER M. - **Studien über die saxicolen Arten der Flechtengattung *Lecania* in Europa. II. *Lecania* s.str.** *Bibliotheca lichenologica* 1988, 28, 133 p., ill. (ISBN 3-443-58007-6, J. Cramer, prix: DM 60.-).

NOBLE W.J., AHTI T., OTTO G.F. and BRODO I.M. - **A second checklist and bibliography of the lichens and allied fungi of British Columbia.** *Syllogeus* 1987, 61, 95 p., ill. (ISSN 0704-57, Mus. Natn. Canada, Mus. Natl. Sci. Nat., Ottawa, Ontario K1A 0M8, Canada).

NYHOLM E. - **Illustrated Flora of Nordic Mosses. Fasc. 1 Fissidentaceae-Seligeriaceae.** Stockholm: *Lindbergia*, 1986, 72 p., ill. (ISBN 87-7001-182-6, Editorial Office, Ecology Building, Univ. Lund, S-223 62 Lund, prix: Swedish Crowns 95).

Association française de lichénologie

Bull. Inform. Assoc. Franç. Lichénol. 1988, 13(1), 46 p. - Au sommaire: Ch. Van Haluwyn - Essai de détermination des lichens épiphytes crustacés stériles du Nord-Ouest de la France (II) (pp. 5-14); J. Wagner - Conceptions actuelles de la structure et de la morphogenèse du thalle des lichens. Première partie (pp. 15-29, 4 pl.); J. Béguinot - Hysteresis de réponse de la végétation lichénique à l'évolution de la pollution: analyse [redacted] terme de dynamique des populations (pp. 30-47, 7 fig.) - Vie de l'association.

INDEX DU TOME 9

Compilé par D. LAMY

Il ne figure que la première page de l'article dans lequel est cité le taxon. Les nouveautés taxonomiques sont indiquées en gras. Les taxons cités en synonymie ou comme basionymes sont indiqués par "syn." ou "bas." Lorsque le numéro de page est suivi d'un nom de région, le taxon est considéré comme nouveau pour celle-ci (ex. Acaulon triquetrum, 289 Navarre).

Brophytes

Lichens



TABLE DU TOME NEUF

Commission paritaire 15-9-1981 - N° 58611
Dépôt légal n° 14081 - Imprimerie de Montligeon
Sorti des presses le 25 octobre 1988
Imprimé en France
Éditeur : A.D.A.C. (Association des Amis des Cryptogames)
Président : A. Couté; Secrétaire : D. Lamy
Trésorier : R. Baudouin; Directeur de la publication : H. Causse

SOMMAIRE

Cryptogamie, Bryol. Lichénol. 1988, 9 (4) : 283-384.